

TRABAJO FIN DE GRADO



ANÁLISIS DE RECHAZOS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DEL SECTOR AUTOMÓVIL.

Autora: Sandra Rodríguez Muñoz

Trabajo fin de estudios del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales,
especialidad en Mecánica de Máquinas y Estructuras.

Bajo la tutela de: María Henar Miguélez Garrido



Quiero expresar mi enorme agradecimiento a CSA Steering Systems Madrid, la empresa en la que he desarrollado el TFG. Gracias por haberme dado la oportunidad de iniciar mi carrera profesional en una gran empresa en la que se aglutinan todas las inquietudes que he ido albergando durante mi formación universitaria y que he podido explorar sin limitaciones. Y sobre todo agradecer profunda y sinceramente el apoyo de esas personas que han volcado su conocimiento en mí y dedicado su tiempo de manera totalmente altruista. Gracias a todos vosotros porque no solo habéis contribuido a mi mejor capacitación profesional sino también personal.

TABLA DE CONTENIDOS.

1.	<u>Motivación y objetivos.....</u>	5
1.1.	Elección del tema.....	5
1.2.	Explicación de los objetivos generales.....	6
1.3.	Definición de los objetivos específicos.....	6
1.4.	Planificación del proyecto.....	7
2.	<u>Planteamiento del problema.....</u>	8
2.1.	Descripción del producto y de la línea de fabricación.....	8
2.2.	Exposición del problema analizado.....	10
2.2.1.	Rechazos.....	11
2.2.2.	Costes.....	18
3.	<u>Análisis de los factores de influencia.....</u>	19
3.1.	Diseño del experimento.....	19
3.1.1.	Elección de los sujetos.....	22
3.1.2.	Elección de las variables/atributos.....	22
3.1.3.	Procedimiento a los sujetos.....	23
3.1.4.	Ficha de datos.....	26
3.2.	Análisis de datos experimentales.	29
3.2.1.	Tabla de datos.....	29
3.2.2.	Diagrama de sectores causas.....	31
3.2.3.	Análisis por componentes de resultados.....	32
3.2.4.	Formulación de hipótesis.....	35

4.	<u>Análisis de los resultados</u>	36
4.1.	Sección transversal del eje macho	37
4.1.1.	Comparación material conforme/rechazado	37
4.1.2.	Anomalías: ausencia detección y motivos de aparición	40
4.1.2.1.	Análisis laminación	43
4.1.2.2.	Análisis clavado	48
4.1.2.3.	Análisis eje macho en punto de corte: inyección	50
4.1.3.	Conclusiones sobre la falta de uniformidad en el eje macho	51
4.2.	Sección transversal inyección	52
4.2.1.	Importancia de la inyección	52
4.2.2.	Holgura entre componentes	53
4.2.3.	Análisis de dispersión sobre el perfil de inyección	54
4.2.4.	Relación inyección-carga de deslizamiento	60
4.2.5.	Conclusiones sobre el análisis de la inyección	66
4.3.	Sección transversal del eje hembra	66
4.3.1.	Variabilidad alta en un mismo lote de fabricación	66
4.3.2.	Existencia estrechamiento en sección eje hembra	70
4.3.3.	Conclusiones sobre el análisis del eje hembra	74
4.4.	Otros problemas	75
4.5.	Diagrama Ishikawa completo del análisis	76
5.	<u>Propuestas de solución y evaluación</u>	77
5.1.	Propuestas de mejora para el control de procesos	77
5.2.	Propuesta de maquinaria como mejora del proceso	83
6.	<u>Conclusiones generales</u>	85



7.	<u>Presupuesto del proyecto</u>	87
8.	<u>Anexos</u>	89
8.1.	Índice de figuras	89
8.2.	Índice de tablas	92
8.3.	Anexo a tablas de datos	92
8.3.1.	Tabla de datos rechazos	92
8.3.2.	Tabla comparativa clavado	97
8.4.	Anexo a fichas de datos (rellenas)	101
9.	<u>Bibliografía</u>	123

1. MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS.

1.1. Elección del tema y motivación.

El tema del presente trabajo fin de grado nace como propuesta de un jefe equipo de una línea de producción de la fábrica en la que he desarrollado prácticas durante el último curso académico de la carrera.

La empresa desarrolla su labor dentro de la industria automotriz. Como bien es sabido dicho sector es un elemento estratégico en la economía de cualquier país. En concreto, en la economía española representa aproximadamente el 10 % del PIB y alrededor del 18 % de los flujos de exportación¹. Asimismo, este sector también destaca por ser muy exigente debido a la gran competitividad que existe por la globalización.

Las plantas industriales ya no solo compiten en su entorno cercano sino que rivalizan por conseguir proyectos de las grandes marcas mundiales, lo que se conoce como “fábrica global”. En particular, en la fábrica la competencia se establece entre proveedores de fabricantes de componentes de cariz internacional para ensambladoras de equipos originales como Ford, GM, Mazda y Land Rover entre otros.

La calidad se ha convertido en un requisito esencial del producto y hasta tal punto que ya no se cataloga dentro de los factores ganadores de pedido sino entre los calificadores de pedido. Se hace vital para optar a la concesión de un proyecto ofrecer un coste de producción mínimo en una relación de confianza (calidad exigida en el tiempo establecido). La calidad y la fiabilidad de los productos significan en muchos casos la mera supervivencia de la empresa que los fabrica.

Así, dado que los clientes clasifican y/o seleccionan a sus proveedores en función de las ppms (partes no conformes por cada millón de piezas entregadas) este proyecto se engloba dentro de un conjunto de medidas a nivel de estrategia organizativa que pretende avanzar en la integración de la calidad total en todos sus procesos.

El nombre de la empresa es CSA Steering Systems Madrid, una filial del grupo Castellón Automotive. La sede en Madrid se dedica al diseño y la fabricación de sistemas de dirección para automóviles. En concreto, la propuesta tiene lugar sobre una línea de fabricación de ejes dobles cardan (juntas universales telescópicas), el nombre específico del proyecto en el entorno de fabricación es línea B2e (6pack) / B562. Se me propone realizar un análisis de los rechazos ocurridos en esta línea por incorrecta carga de deslizamiento. Se trata de sumar esfuerzos involucrando a los departamentos de calidad, producción e ingeniería para avanzar en el concepto de cero defectos.

¹ PWC 2013 *Temas candentes de la industria del automóvil en España*.

El conjunto analizado requiere precisión dimensional por lo que es importante tener presente durante todo el análisis el ámbito de la escala en las mediciones. El orden de magnitud de las dimensiones en la unión estriada es del orden de la micra. Asimismo, se debe aclarar que aunque se habla de ejes (machos y hembras) el elemento que designan son árboles, ya que transmiten potencia.

El lanzamiento del proyecto B2e (6pack) / B562 tuvo lugar en el año 2009 y sólo ha tenido dos modificaciones al proyecto desde entonces. Ambas modificaciones se produjeron simultáneas, por un lado se incluyeron 6 cambios en el diseño de producto para introducir más referencias y por otro lado un cambio en el proceso en uno de los componentes motivado por ahorro de costes. El volumen de producción medio de la línea es de 5000 juntas/día.

1.2. Explicación de los objetivos generales.

Se me asigna el proyecto con el fin de mejorar la línea ante uno de los mayores problemas de la misma. Con carácter general, los aspectos a alcanzar son:

- Disminuir el número de rechazos para reducir los costes de producto no conforme y conseguir un mejor control de proceso, al mismo tiempo que se evita la llegada de producto no conforme al cliente.
- Disminuir los tiempos de fabricación. El calibrado de la junta tiene estipulado un tiempo de proceso. Cuando llegan al puesto juntas con carga incorrecta se requiere de tiempo adicional. El puesto de calibrado es un cuello de botella por lo que repercutiría en mayores rendimientos de línea.
- Reducir la fatiga del operario por tarea del puesto ya que el punto donde se prensa la junta para darle la carga apropiada tiene que posicionarlo el operario. Para ello tiene que verificar la carga de manera manual (abriendo y cerrando) cerca de 60 N cada vez.

1.3. Definición de los objetivos específicos.

Los objetivos generales expuestos anteriormente se articulan entorno a los siguientes puntos específicos:

- Identificar los factores de influencia en el problema analizado.
- Asignar causas a los efectos observados.
- Actuar sobre las causas para reducir/eliminar su aparición.
- Proponer soluciones estandarizadas.

1.4. Planificación del proyecto.

En el momento de planificar el proyecto se realizó un diagrama de Gantt con fecha de comienzo la semana siguiente a la propuesta del estudio por el jefe de equipo y fecha de entrega el final del periodo de prácticas. La unidad de tiempo considerada son semanas, con fecha de comienzo semana 11 y fecha de fin semana 33.

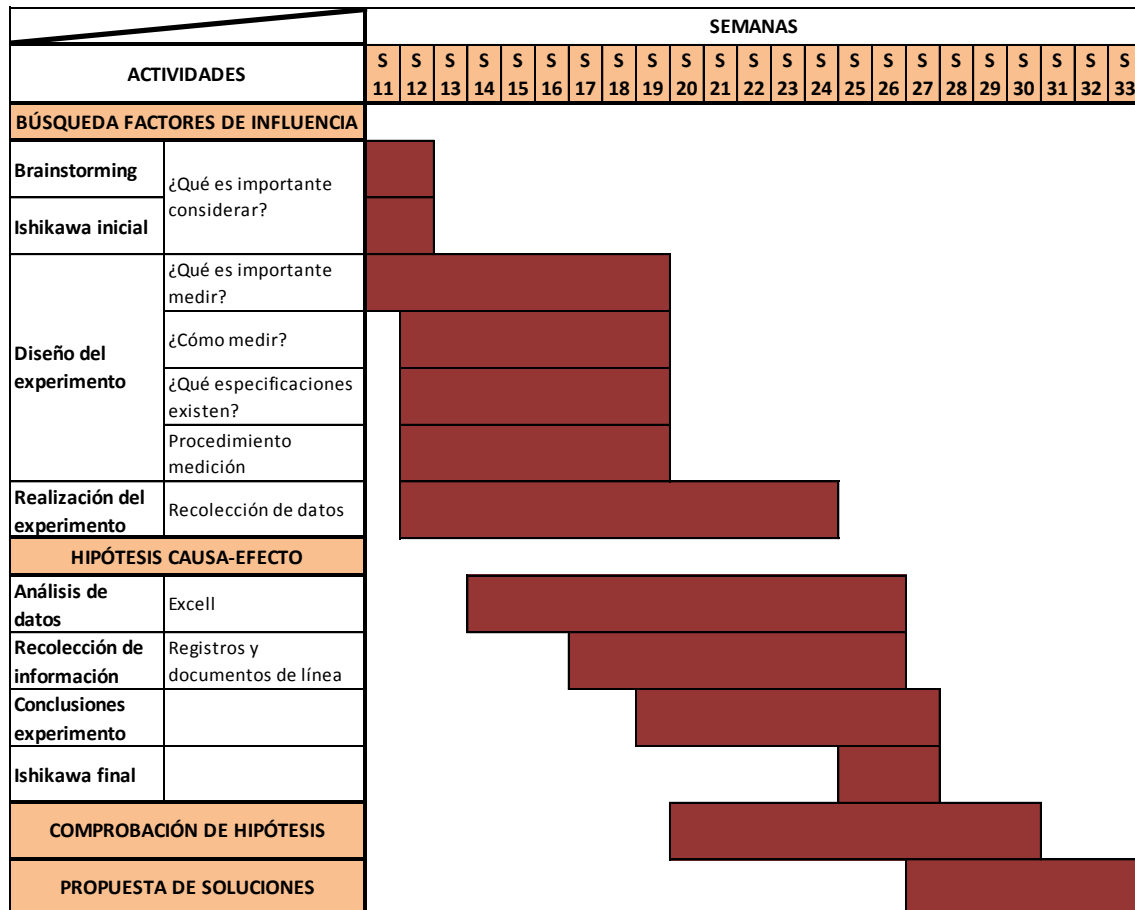


Figura 1. Diagrama de Gantt del proyecto

Aun habiendo planificado el proyecto se ha producido un retraso en las tareas programadas debido a la inexperiencia en el diseño de experimentos. Puesto que el control sobre el proyecto no se podía orientar a aumentar la duración, ni tampoco a aumentar recursos se decidió reducir el número de juntas a ensayar experimentalmente de las 30 inicialmente propuestas a las 11 finalmente estudiadas.

Con esta decisión, aunque se pierde representatividad al reducir el tamaño de la muestra, logramos hacer factible el proyecto. Como consecuencia, se reduce el tiempo de recolección de datos (búsqueda de causas posibles), si bien es cierto que es una utopía intentar encontrarlas todas, y se invierte una mayor cantidad de tiempo en análisis y búsqueda de soluciones.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1. Descripción del producto y de la línea de fabricación.

Los ejes doble cardan o también conocidos como juntas universales extensibles sirven para transmitir esfuerzos de torsión entre ejes no alineados en los que se quiere mantener una relación de transmisión uniforme.

Esta uniformidad es posible por el montaje en parejas de los nudos cardan, uno a derechas y el otro a izquierdas, lo que permite la compensación de las no uniformidades en las velocidades angulares de los ejes de entrada y salida que presentan los nudos cardan por separado.

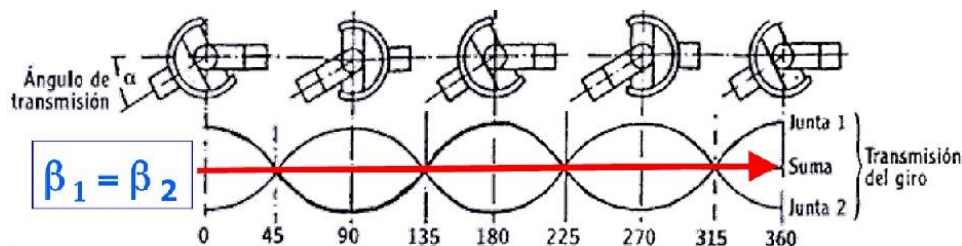


Figura 2: Compensación de uniformidades con doble cardan.

Nota Fuente: Rubio Alonso, H. (2014). Juntas universales.

Trabajo presentado en clase de Diseño Mecánico. Universidad Carlos III de Madrid

En particular, su función en sistemas de transmisión de automóviles es acoplar los esfuerzos torsionales desde el eje que contiene al volante de dirección o a la columna de dirección, según el sistema de dirección del vehículo, al sistema de transmisión. La conexión entre nudos cardan se suele diseñar a través de una unión estriada cargada por interferencia de componentes de tal forma que por diversos motivos el conjunto tenga un movimiento telescópico.

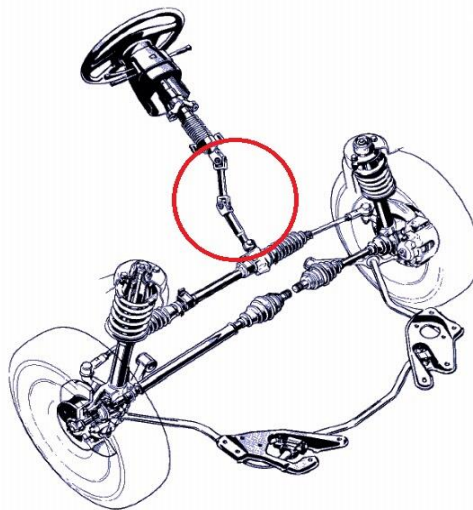


Figura 3: Sistema de dirección con tren delantero por cremallera.

Nota Fuente: Rubio Alonso, H. (2014). Juntas universales.

Trabajo presentado en clase de Diseño Mecánico. Universidad Carlos III de Madrid.

Descripción de la línea a través de vistas de componentes:

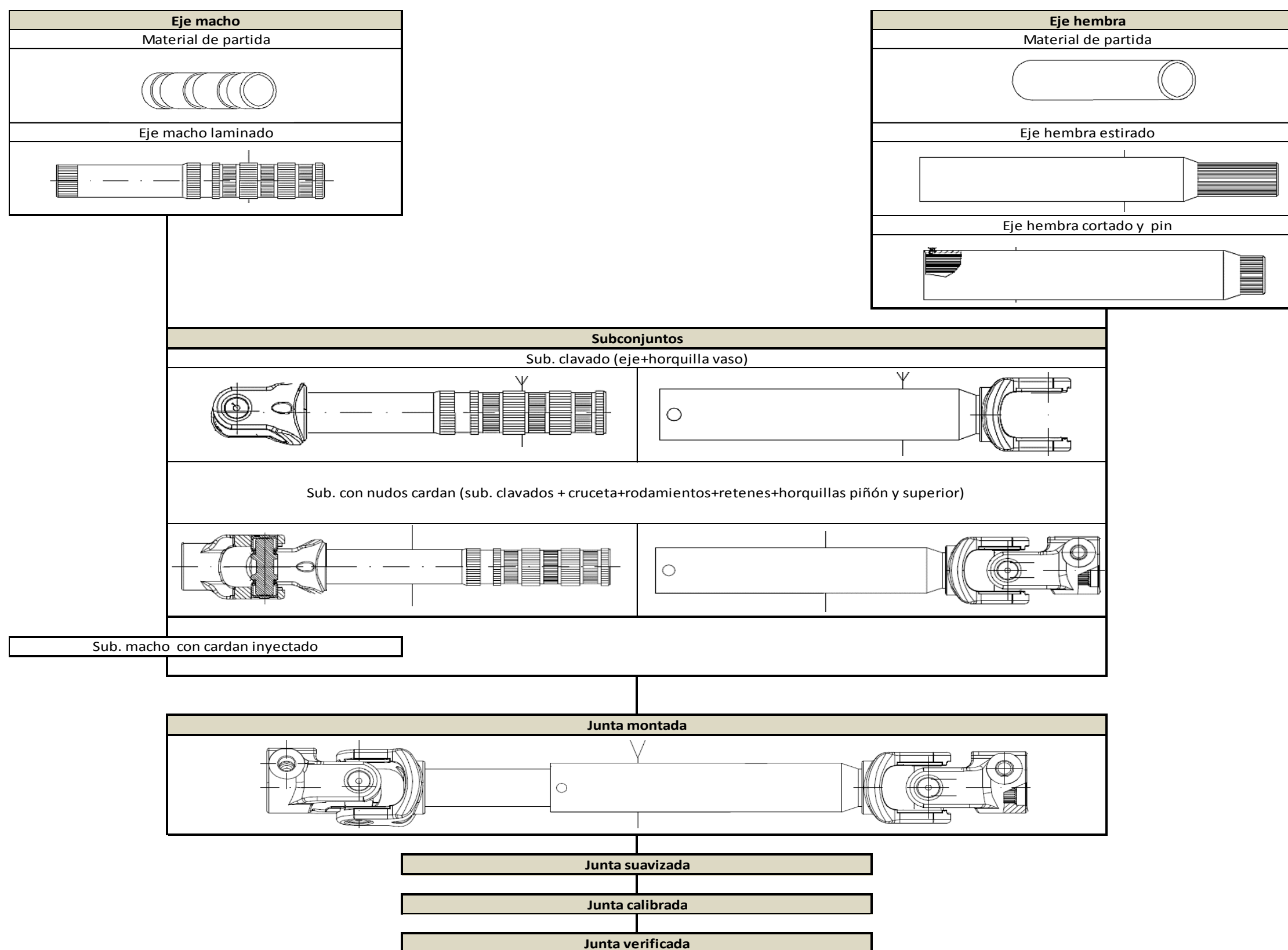


Figura 4. Descripción línea B2E/B562

2.2. Exposición del problema analizado.

El producto que se fabrica en la línea B2e (6pack)/B-562 se diseñó con una unión estriada por especificación de cliente. El diseño de la unión debe garantizar que la carga transmitida (serie ligera) este contenida entre un rango de valores. El límite superior está especificado por razones de montabilidad y el límite inferior por motivos de seguridad pasiva del sistema de dirección.

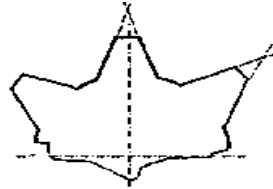


Figura 5. Unión estriada triangular.

Nota Fuente: Disponible en http://www.ecured.cu/index.php/Uni%C3%B3n_estriada

El límite superior viene especificado en una carga de 7,5 kg por montabilidad del componente en el cliente (ensamblaje en serie de vehículos) dado que es un operario el que realiza las tareas de montaje y supone un esfuerzo la apertura de la junta que al cabo de una jornada laboral es acumulativo. En cuanto al límite inferior, cuantificado en 4,5 kg, es característica crítica de seguridad puesto que es éste componente dentro del sistema de dirección el que colapsa o se retrae en caso de choque frontal del vehículo para evitar que con la inercia del accidente el volante de dirección impacte contra el conductor. Puesto que el colapso debe producirse sólo en caso de accidente y para que no retraiga por error se impone una carga mínima de deslizamiento.

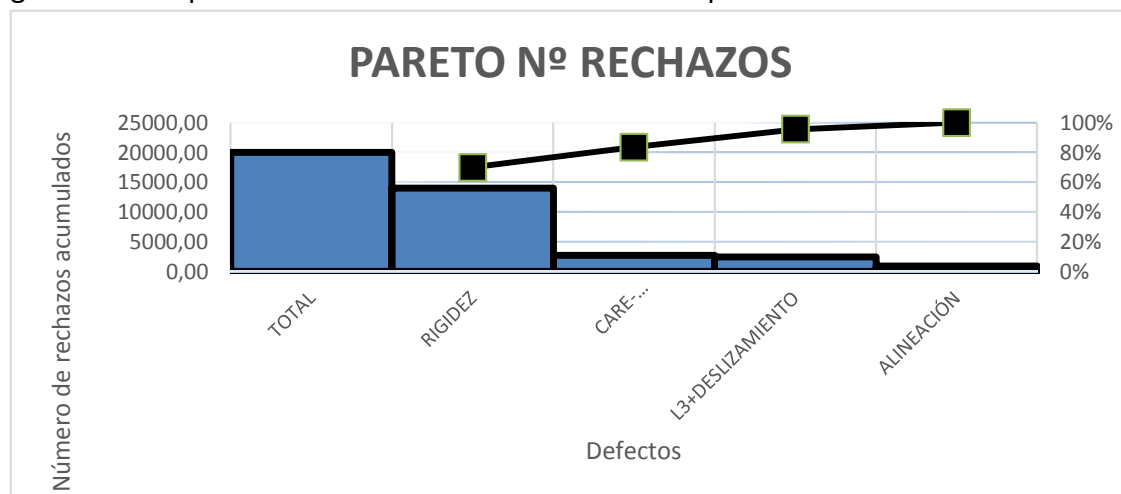
La carga en la unión estriada se consigue a través de, por un lado, la interferencia del eje hembra y un plástico que se inyecta en unas ranuras que tiene mecanizados el eje macho y, por otro lado, a través del conformado en prensa. Se requiere que, además de que la carga de deslizamiento esté entre los límites de especificación, el deslizamiento se produzca de manera uniforme, es decir, sin saltos bruscos. Con lo cual, tanto si la carga de deslizamiento es superior al límite máximo o inferior al límite mínimo (rechazos por alta o baja de carga respectivamente) como si presenta uniformidades estaríamos ante un problema de carga incorrecta de deslizamiento que es el problema a analizar en este proyecto fin de grado.

Se trata de un problema multifactorial que afecta históricamente a la línea y sobre el que se ha intentado actuar por distintos equipos de trabajo sin aparentes avances sustanciales, indico que aparentes porque no existe documentación consultable de los análisis realizados. Dada la complejidad del problema queda patente que el ámbito de este trabajo no es el de resolver un problema resultado de un disfuncionamiento (que alguna cosa no sea conforme a las especificaciones y por tanto la línea se “desajusta”), es decir, no se trata de volver a la “normalidad”; se trata de hacer progresar el nivel conocido.

2.2.1. Rechazos.

Con el fin de comprender la dimensión del problema se van a trazar gráficos de distintos tipos (datos en anexo 7.1.1). En primer lugar se va a trazar un diagrama de Pareto para identificar la importancia del problema con respecto al resto de problemas del montaje final de la línea, a continuación se explicará el gráfico entrando en profundidad en aquellas consideraciones que implican directamente al problema estudiado. Y, en último lugar, se representan varios gráficos de líneas para mostrar la tendencia general en el seno de los datos clasificados cronológicamente.

La relevancia del problema analizado con respecto al resto de defectos del montaje final de la línea se presenta mediante un diagrama de Pareto. Los datos del gráfico corresponden al acumulado de defectos en el primer semestre del año 2015.



RANKING	DEFECTO	CANTIDAD ACUMULADA	PORCENTAJE
1	RIGIDEZ	13975	70%
2	CARE-(DESLIZAMIENTO)	2705	14%
3	L3+DESLIZAMIENTO	2408	12%
4	ALINEACIÓN	903	5%
TOTAL ACUMULADO		19992	

Figura 6. Pareto y tabla de rechazos componentes B2E/B562.

Los rechazos por incorrecta resistencia ante la aplicación de par torsional (rigidez) suponen el mayor problema de la parte de montaje final de la línea ocasionando el 70% de los defectos totales. En oposición a los rechazos por incorrecto ángulo de fase que ocupan el último puesto en el montaje final de la línea.

No sucede así en el rechazo de ensamblaje de componentes, en donde el problema de alineamiento resulta el mayor problema de esa parte de la línea. Para el cálculo de parámetros la línea se divide en dos partes: ensamblaje de componentes y montaje final. El estudio se orienta a la parte de ensamblaje final de la línea.

El eje doble cardan, según especificación, tiene que respetar una rigidez total mínima. La rigidez total se genera a partir de tres contribuciones: los dos nudos cardan (nudos B y C) y la interferencia en la unión estriada. Dichos valores de resistencia se pueden determinar experimentalmente a través de un ensayo en banco de rigidez torsional o bien es posible hallar una de las variables en función de las otras mediante un cálculo aproximado según la relación siguiente:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_{NC}} + \frac{1}{R_{NB}}$$

Por lo tanto, el rechazo por rigidez involucra indirectamente al problema que nos ocupa, dado que la rigidez en el Slider o rigidez en la zona de deslizamiento es una de las contribuciones de la rigidez total de la junta. Esto se debe a que la resistencia ante un esfuerzo torsional viene determinada por las holguras que existen en el conjunto mecánico. Así a mayores holguras o faltas de uniformidad en la geometría de la unión estriada menores pares resistentes y mayor rechazo por rigidez.

Aunque haya una relación contrastada, como el rechazo asignable a la unión estriada no es posible cuantificarlo ambos problemas se consideran independientes.

Estudio independiente que lo avala: Junta analizada en procedimiento de auditoria de calidad rechazada por incorrecta rigidez Slider (38Nm/°)².

Se analiza completamente la junta concluyendo que el problema es el gran óvalo (o acumulación de material) en el anillo 1 del eje macho, lo cual provocó una carga de deslizamiento aceptable pero ficticio que hizo posible que llegase al último puesto del proceso en serie. Esta carga ficticia disminuyó considerablemente cuando, tras ciertas pruebas, se suavizó la interferencia metal-metal del eje hembra y el eje macho: punto que daba la mayor carga y rigidez. Echo que provocó que ambas variables disminuyesen hasta valores fuera de especificación. La hembra presenta una huella coincidente con la zona de mayor diámetro del macho en lo que parece un claro desgaste por rozamiento.

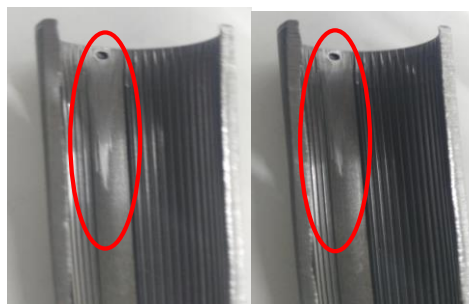


Figura 7. Prueba de interferencia carga ficticia.

² Especificación rigidez torsional mínima 50 Nm/°

El segundo y el tercer puesto son muy similares, no obstante, es necesario explicar que los rechazos de CARE son defectos detectados en la estación de verificación final que engloban un conjunto de pequeños defectos cuyo porcentaje con respecto al global no superan individualmente el 3%. Por lo anterior, se puede afirmar que el rechazo de CARE no supone un segundo puesto real en cuanto al número de rechazos.

Además, hay que especificar que en el cálculo del rechazo por CARE se han descontado los defectos acumulados correspondientes a deslizamiento incorrecto dado que se incluyen en el problema analizado. El desglose de defectos de verificación final junto con los % acumulados pueden observarse en la Tabla 1.

Defectos verificación final	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	Cantidad acumulada	Acumulado sobre el total
Grabado NOK	32	10	16	14	14	22	36	38	18	8	208	1,0%
Ausencia de retenes	46	42	28	17	28	49	35	18	32	22	317	1,6%
Retenes mezclados	3	2	3	0	0	0	0	0	2	0	10	0,1%
Retenes rotos	5	25	3	5	15	0	3	8	23	1	88	0,4%
Tableteo	8	24	11	14	26	4	14	18	40	101	260	1,3%
Dureza Abatimiento	17	1	0	2	1	1	0	0	2	4	28	0,1%
Rodamiento fuera de sitio	34	39	18	42	52	22	41	27	47	43	365	1,8%
Rodamiento marcado por macho	29	18	3	0	17	7	9	33	29	32	177	0,9%
Rodamientos con aguja	20	39	3	8	16	9	3	12	13	6	129	0,6%
Presencia de Óxido	305	49	23	13	55	31	0	10	0	5	491	2,5%
Ausencia de Pin	0	0	1	5	1	65	1	0	0	0	73	0,4%
Pin Fuera	32	3	6	1	4	0	25	9	2	4	86	0,4%
Ausencia de pegatina	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	5	0,0%
Incorrecto abatimiento a 90°	20	3	17	2	0	1	0	1	5	1	50	0,3%
Marcas en Horquillas	0	1	3	0	0	0	0	1	0	20	25	0,1%
Deslizamiento NOK	50	57	10	0	5	17	9	0	0	24	172	
Poros	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	13	0,1%
Otros Defectos	107	79	30	15	12	20	6	80	14	17	380	1,9%
TOTALES	709	393	176	138	246	249	182	255	230	299	2877	19991,74
Sin deslizamiento NOK											2705	

Tabla 1. Desglose defectos CARE

En el tercer lugar del ranking se encuentra el problema analizado en este trabajo fin de grado. La incorrecta carga de deslizamiento supone un porcentaje cuantificable del 12% sobre el total de defectos del montaje final de la línea. En él se incluyen los rechazos recogidos del puesto calibración y verificación de carga en línea 3 y los correspondientes a deslizamiento incorrecto de la estación de verificación final (CARE).

Los puestos de calibración de la junta en la fabricación en serie tienen especificado un número de ciclos máximos de calibración por pieza para evitar crear cuellos de botella en el proceso. Si en el puesto de calibración y verificación de carga en serie el operario necesita para el calibrado más de tres veces se considera rechazo de prensa en serie y dichas piezas se llevan a la línea 3. Se conoce como “línea 3” a la parte de la línea duplicada con respecto a la principal próxima a ésta cuyo objetivo principal es garantizar la capacidad de la línea frente al volumen de fabricación pedido por el cliente. En el puesto de calibración y verificación de carga de línea 3 se trabajan “los rechazos de prensa en serie”, de tal manera que los rechazos reales de la línea se computan en los cajones rojos asociados al rechazo de prensa L3. A continuación se muestran unos gráficos con la evolución temporal del problema.

Como puede apreciarse en la Figura 8 el rechazo de prensa en el puesto en serie presenta una tendencia estable en los meses de septiembre y octubre de 2014, bajando el rechazo en el periodo desde noviembre hasta enero 2015. A partir de ese mes comienza una escalada de rechazos hasta su valor máximo en abril 2015 con 7.057 unidades rechazadas al mes. El mes siguiente al punto máximo no representa una variación considerable, por lo que la tendencia continúa, no es hasta el mes de junio 2015 cuando comienzan a bajar el número de rechazos hasta colocarse en el mínimo de la serie.

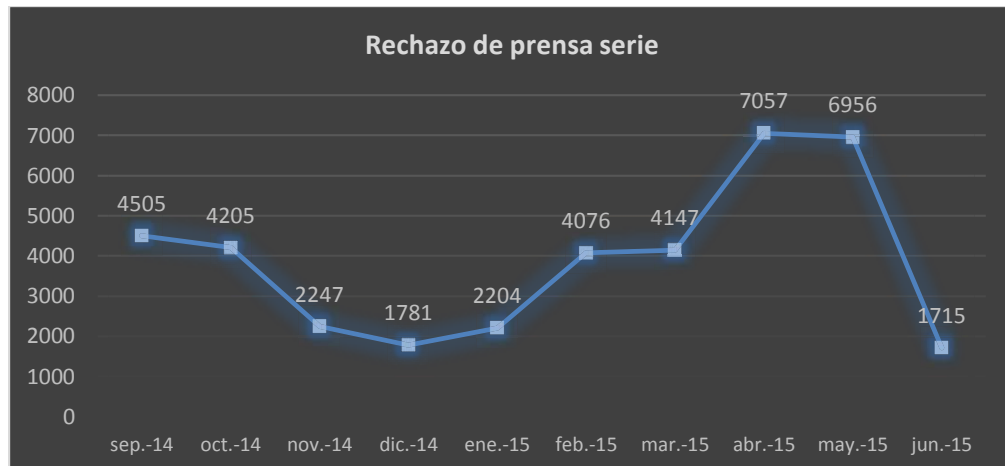


Figura 8. Evolución rechazos prensa fabricación serie.

En la Figura 9 se evidencia la relación entre los rechazos de línea 3 y los de serie, es decir el porcentaje real de rechazos por prensado y calibración. Salvo en los meses de septiembre 2014, enero 2015 y junio 2015 cerca del 81% de las juntas se han recalibrado al pasar por línea 3, es decir, necesitaban más ciclos para conseguir quedar entre los límites de carga.

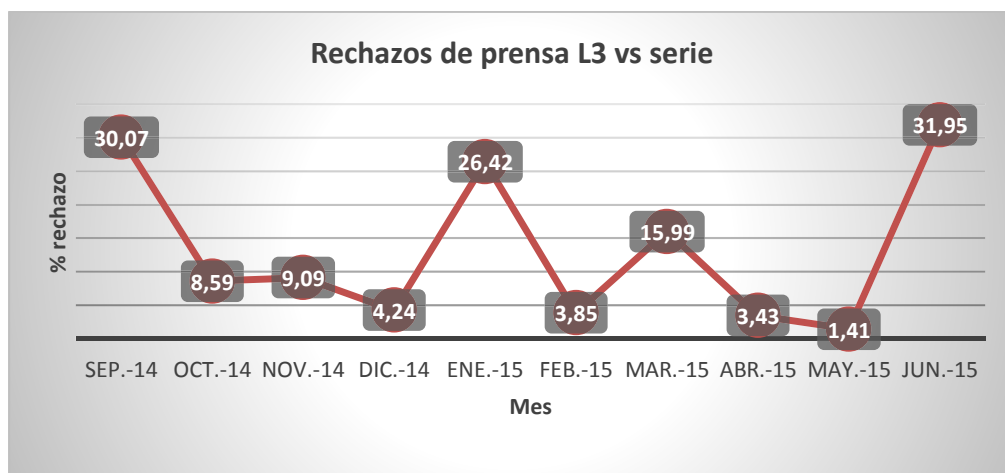


Figura 9. Evolución rechazos prensa L3 versus serie.

En las páginas siguientes se va a analizar la evolución temporal de los rechazos cuantificables asociados al fenómeno incorrecta carga de deslizamiento. En primer lugar, se presenta el gráfico de líneas sujeto a análisis y se exponen algunas consideraciones. Seguidamente se analizarán las tendencias que presentan las series temporales haciendo especial hincapié en la tendencia del suavizado de alta y en la relación entre rechazo de prensa y suavizado de baja. Y, por último, se concluye exponiendo las conclusiones del análisis de la serie histórica de datos.

Se requieren aclarar algunos aspectos con respecto a la elección de variables de la Figura 10 (y sucesivas puesto que son modificaciones de esta):

- El gráfico de líneas recoge tres series: los rechazos en el puesto de suavizado tanto por altas de carga de deslizamiento como por bajas y del rechazo de prensa en serie.
- Se incluye el rechazo en el puesto de suavizado aunque no sea realmente un rechazo ya que no se contabiliza a efecto de costes ni de cantidad rechazada porque nos da una idea del comportamiento de las piezas en ese día de fabricación para poderlas comparar con el rechazo de prensa que aglutina tanto a las piezas bajas de carga como a las altas. El puesto de suavizado es una operación automática que somete a la junta a unos ciclos de apertura y cierre para preparar el calibrado posterior en prensa (eliminar virutas que pueden causar interferencia y llevar el material a las condiciones de trabajo puesto que al aumentar la fricción se dilata el metal y la carga que se le da al conjunto es la real de operación en su posición en el vehículo).
- En la representación se han camuflado la serie de datos originales dándole formato sin líneas ni marcadores para poder visualizar la tendencia real de las series puesto que hay días en los que el rechazo es nulo y se perdería la información de tendencia. La aproximación se ha hecho con una media móvil de 2 periodos.

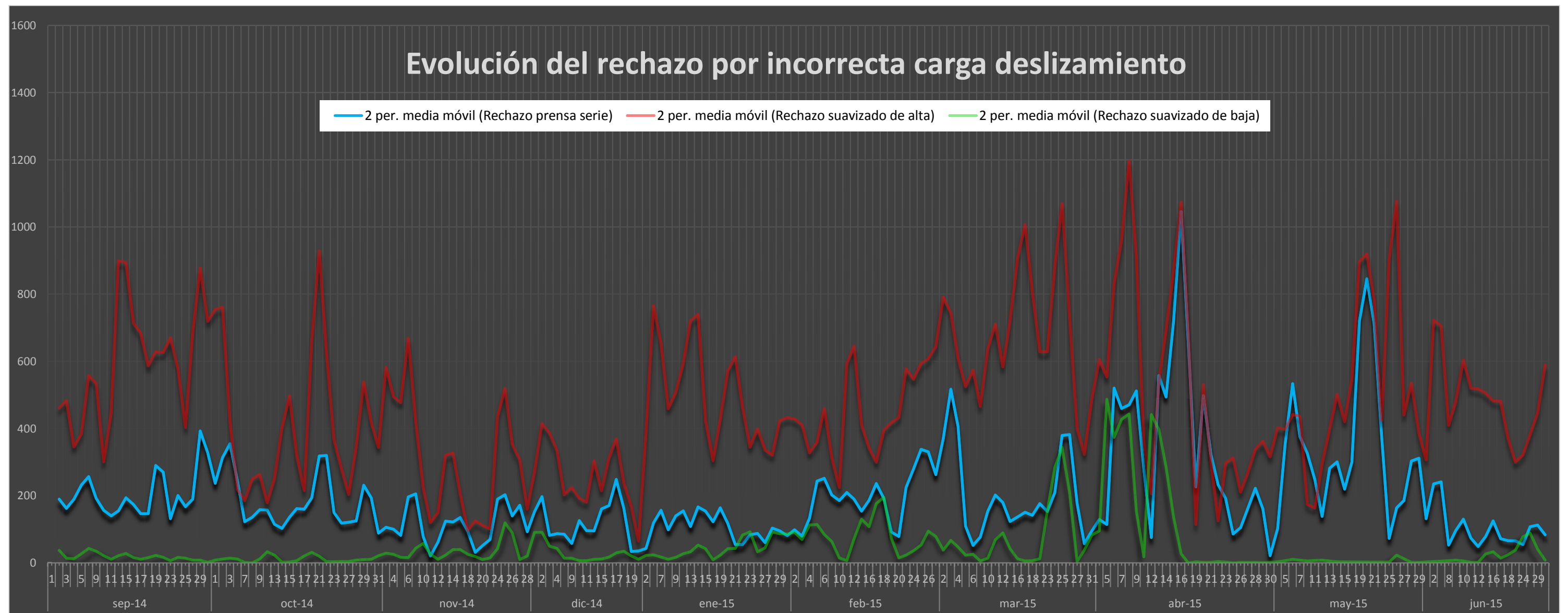


Figura 10. Evolución del rechazo por incorrecta carga de deslizamiento.

El primer gráfico temporal que se va a analizar es la evolución del rechazo en suavizado por alta carga de deslizamiento. En este gráfico se representa la serie de datos original dado que el rechazo de suavizado de alta es prácticamente continuo en la línea de fabricación siendo innecesario recurrir a aproximar la serie. La serie temporal presenta un componente estacionario (cuyo valor se estima en 500 rechazos al día) y un componente cíclico con tendencia. Para el análisis del componente cíclico se han interpuesto líneas verticales discontinuas entre los puntos de las series donde se han encontrado patrones repetidos. Se ha escogido como referencia de la primera marca para comparar el día 1 de octubre de 2014 puesto que éste es el primer punto de una tendencia a la baja desde que comienza el gráfico. Por observación directa del gráfico podemos deducir que el componente cíclico se desestabiliza por dos aspectos: el periodo máximo transcurrido entre marcas y la cantidad rechazada en suavizado por juntas bajas de carga.

En lo que respecta al periodo máximo entre marcas se infiere del gráfico que la serie repite el patrón cíclico volviendo a la “normalidad” desde octubre hasta febrero con una media de 13 días de fabricación o equivalentemente a unas 50.000 piezas, sin embargo, desde el 20 de febrero al 15 de mayo no se repite ningún patrón cíclico ni la tendencia es decreciente en el número de rechazos. En este periodo de “desajuste” los parámetros de media y número de piezas doblan a los anteriores con unos valores medios de 29 días de fabricación y unas 113.000 piezas fabricadas. En el último cíclico completo que se puede identificar en el gráfico del 16 de mayo al 2 de junio se reiteran los valores de días y fabricación que en los ciclos estables. En consecuencia el fenómeno de rechazo por suavizado de alta tiene un componente cíclico que si cada aproximadamente 13 días se actúa sobre el sistema para ajustarlo la tendencia no progresa de forma multiplicativa y se reajusta. En la Tabla 2 se muestran los datos concretos de cada periodo.

Periodo	01/10/2014-17/10/2014	18/10/2015-04/11/2014	05/11/2014-24/11/2014	25/11/2014-22/12/2014	02/01/2015-20/01/2015	21/01/2015-10/02/2015	11/02/2015-19/02/2015	20/02/2015-16/04/2015	17/04/2015-15/05/2015	16/05/2015-02/06/2015
Nº juntas fabricadas	39056	49002	40017	73946	58685	56747	30197	154823	70923	46511
Días de fabricación entre periodos	13	12	14	19	12	15	7	37	20	12
Promedio juntas fabricadas	49270							112873		
Promedio días de fabricación entre periodos	13							29		

Tabla 2. Datos patrón serie temporal

En lo que respecta a la influencia del rechazo en suavizado de baja se refleja claramente en el gráfico, en los momentos en los que el rechazo de suavizado por bajas es escaso el patrón cíclico del rechazo por suavizado de alta se repite, sin embargo, cuando este rechazo comienza a aumentar el periodo máximo transcurrido entre marcas es mayor (tarda más en estabilizarse la serie).

Se pueden extraer dos conclusiones como consecuencia del análisis de la tendencia del rechazo de suavizado por juntas altas de carga que se detallan a continuación:

- Existe una variable no identificada (hasta el momento) que regula tendencia cada 13 días o 50.000 piezas que permite estabilizar el patrón cíclico del suavizado de altas.
- Hubo un periodo en el que la anterior variable no fue capaz de regular la tendecia, debido a que dicha variable no actuase sobre el sistema en el momento apropiado y/o bien que el rechazo de suavizado de baja influenciase fuertemente en la regulación del ciclo.

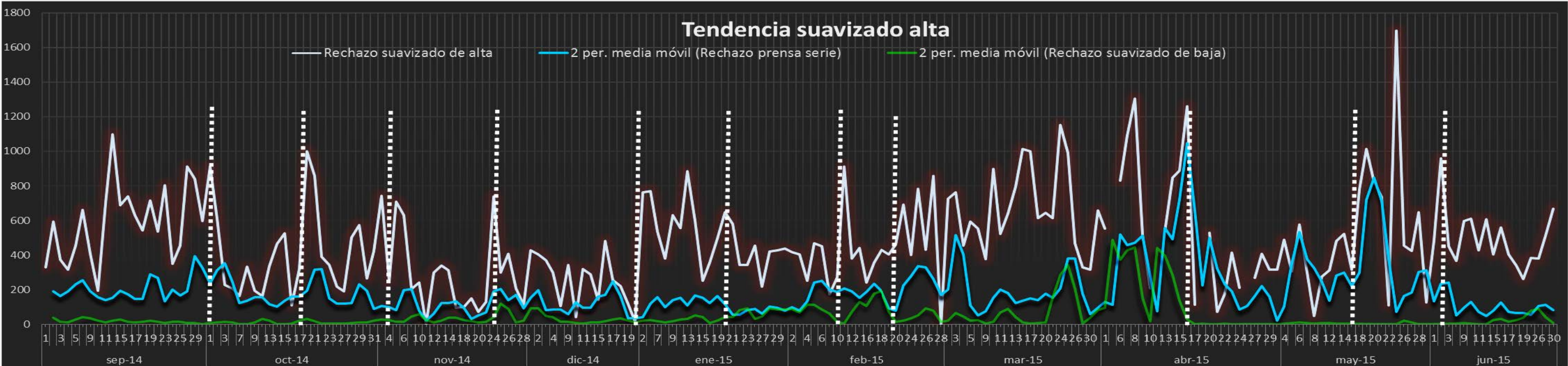


Figura 11. Tendencia suavizado de alta

El segundo gráfico temporal analiza la evolución del rechazo en suavizado por baja carga de deslizamiento. En este caso la serie no parece presentar componentes de tendencia ni cíclicos, es en general estable salvo con periodos marcadamente fluctuantes. Para la representación del gráfico las series se han aproximado con una media móvil de 2 periodos puesto que el rechazo de suavizado por juntas bajas de carga no es un fenómeno tan ocurrente como el de altas de carga y perderíamos información relevante para la búsqueda de tendencias.

Tal y como puede observarse existe una fuerte relación entre el rechazo de prensa y el rechazo en suavizado por bajas de prensa siguiendo una curva prácticamente idéntica con la salvedad de la escala. Las mayores fluctuaciones en el rechazo de prensa vienen precedidas por incrementos en el rechazo del suavizado de baja de carga. Se han recuadrado los puntos del rechazo de suavizado de alta con valores relativos máximos con respecto al resto de la serie e indicado las repercusiones con flechas amarillas en el rechazo de prensa en serie.

Se pueden extraer un conjunto de conclusiones como consecuencia del análisis de la tendencia del rechazo de suavizado por juntas bajas de carga que se detallan a continuación:

- Existe una relación muy fuerte entre el rechazo de prensa en serie y el rechazo de suavizado por juntas bajas de carga. Se puede afirmar que las juntas bajas de carga afectan en mayor medida al rechazo de prensa.
- El máximo de la serie de rechazo de prensa se da en un punto en el que se suman los efectos del suavizado de alta con el de baja en niveles de escala inusuales. Se puede afirmar que el rechazo de prensa depende fuertemente de la cantidad de juntas bajas de carga que se fabriquen en el día pero también de las altas de carga, ambos rechazos suman a efectos de rechazo de prensa con consecuencias catastróficas.
- Existe una variable desconocida (hasta el momento) que desencadena el rechazo de suavizado por baja carga de deslizamiento. Resulta vital encontrar dicha variable para controlar la cantidad de producto no conforme de la línea y por tanto para mejorar el control del proceso.

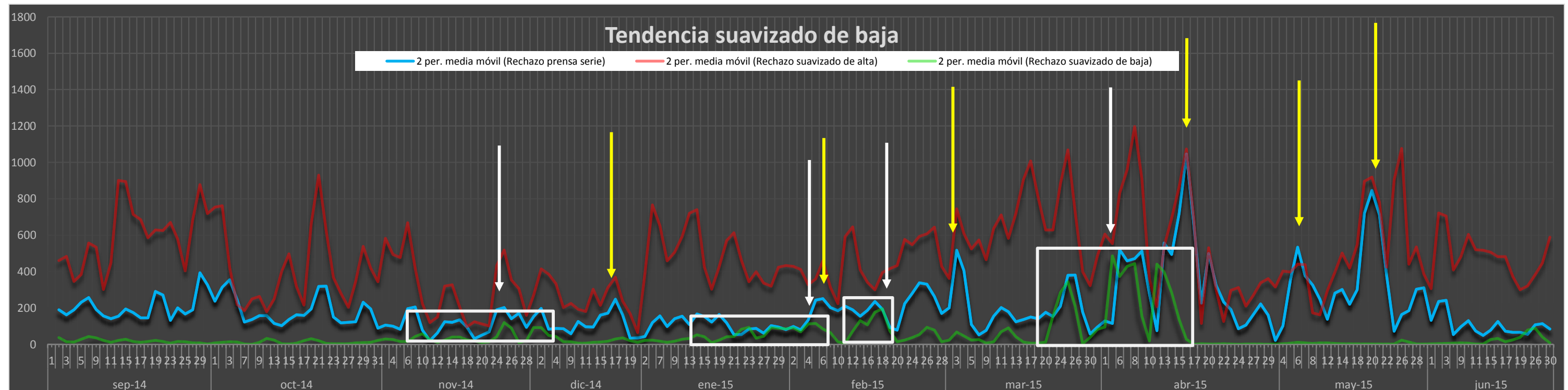


Figura 12. Tendencia suavizado de baja

Conclusiones generales al análisis de la serie histórica para el problema incorrecta carga de deslizamiento:

- El rechazo de prensa en serie está fuertemente influenciado por la aparición de juntas bajas de carga, si además de este fenómeno coincide la ocurrencia de juntas altas de carga las consecuencias son catastróficas crisis de la línea durante el mes de abril 2015.
- El rechazo en suavizado por juntas altas de carga sigue un patrón cíclico que se repite cada 13 días o 50.000 piezas fabricadas, existe una variable que regula ciclo. Si esta variable no actúa o aumenta el rechazo de suavizado por baja carga de deslizamiento el ciclo se desajusta tardando más tiempo en estabilizarse la serie.
- El rechazo en suavizado por juntas bajas de carga no presenta ningún patrón cíclico ni tendencia, aparecen fluctuaciones que regula una variable si ésta no se controla los efectos son catastróficos.

2.2.2. Costes

Para realizar el cálculo de costes se han tenido en cuenta los costes unitarios asociados al puesto de recogida de rechazos. El valor unitario del material rechazado lo determina el departamento de ingeniería de tiempos y procesos cuantificando el coste operativo (material y mano de obra asociado al rechazo en particular). Los costes de amortización de equipos, costes de herramientas y utillajes y demás costes asociados se engloban dentro de los costes administrativos. Por tanto, los únicos costes necesarios para la realización de tablas y gráficos han sido presentados en la Tabla 3.

PUESTO	COSTE UNITARIO (€/unidad)
Calibración y verificación de carga L3	6,56
Rigidez	6,69
CARE	6,69
Alineación	6,69

Tabla 3. Costes unitarios juntas rechazadas según puesto

Teniendo en cuenta los costes unitarios, el diagrama de Pareto de rechazos y el de costes presentan el mismo ranking por defecto. Por lo que sólo se presenta la Tabla 4 en la que se muestran los costes acumulados y el ranking de costes por defecto.

RANKING	DEFECTO	COSTE ACUMULADO	PORCENTAJE
1	RIGIDEZ	93.495,49 €	70%
2	CARE-(DESLIZAMIENTO)	18.096,45 €	14%
3	L3+DESLIZAMIENTO	16.110,70 €	12%
4	ALINEACIÓN	6.042,07 €	5%
TOTAL ACUMULADO		133.744,72€	

Tabla 4. Coste del rechazo B2E/B562

En la Figura 13 se evidencia el coste mensual cuantificable (rechazo prensa en L3 y rechazo deslizamiento y carga incorrecta en CARE) involucrado en este defecto.

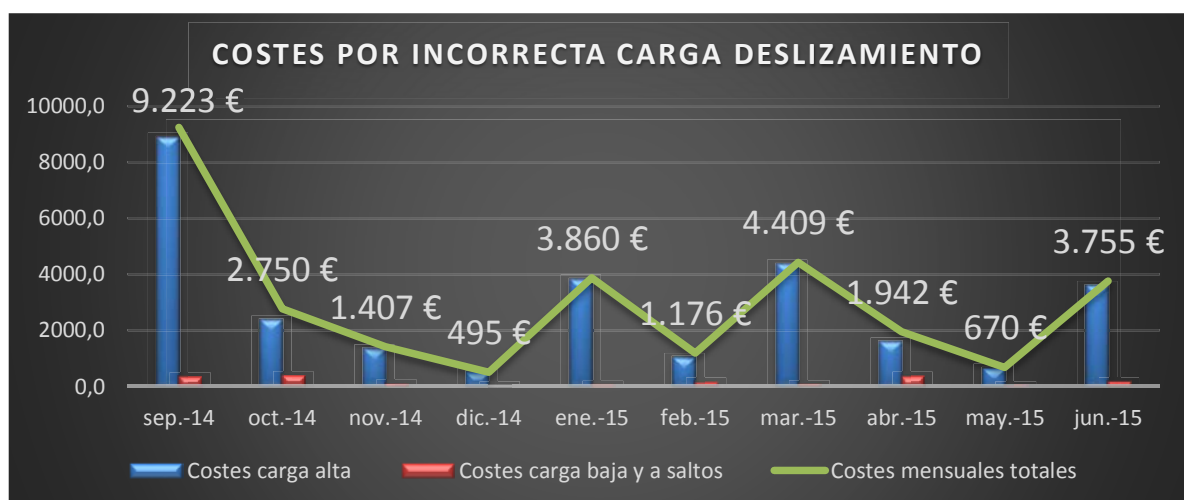


Figura 13. Costes rechazo incorrecta carga de deslizamiento.

3. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE INFLUENCIA

Para identificar los factores de influencia en el problema analizado se ha efectuado un experimento sobre material rechazado.

3.1. Diseño del experimento.

En el experimento hay un supuesto de partida que se debe verificar para dotar de fiabilidad al experimento. La pregunta que se formula como supuesto de partida viene recogida en la Figura 14.

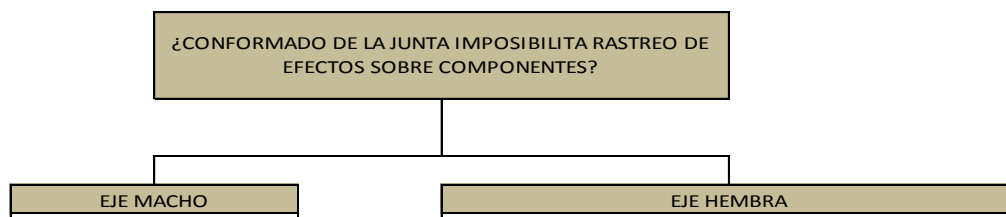


Figura 14. Supuesto de partida

El proceso de fabricación implica deformaciones en el conjunto (conformado en prensa), como el estudio es sobre material rechazado, es decir, que ya ha sido conformado hay que determinar el ámbito de validez de las mediciones para que los datos sean extrapolables.

Para avalar el supuesto de partida, se han analizado 6 ejes doble cardan que se han recogido en parejas en tres días diferentes realizando mediciones anteriores y posteriores al proceso de calibrado. Se verificó su carga clasificándolas según altas o bajas de carga. Los resultados se presentan a continuación:

- Medidas sobre eje macho:

Junta	Variación	
	Metal macho	Plástico
ALTA 1	5,2	0,8
BAJA 2	3,2	3,1
ALTA 3	1,4	0,2
BAJA 4	1,8	2,2
ALTA 5	1,4	0,2
BAJA 6	9,8	3,0
MEDIA	3,8	1,6

Tabla 5 .Variaciones eje macho hipótesis partida

La media de la variación del diámetro metálico es menor que 4 μm y en el caso de la variación del diámetro plástico es menor que 2 μm para una muestra de 6 piezas. A la vista de los datos, se puede concluir que no es significativa la variación de la sección transversal y por tanto que las mediciones sobre el eje macho son extrapolables al análisis de componentes aguas arriba del proceso.

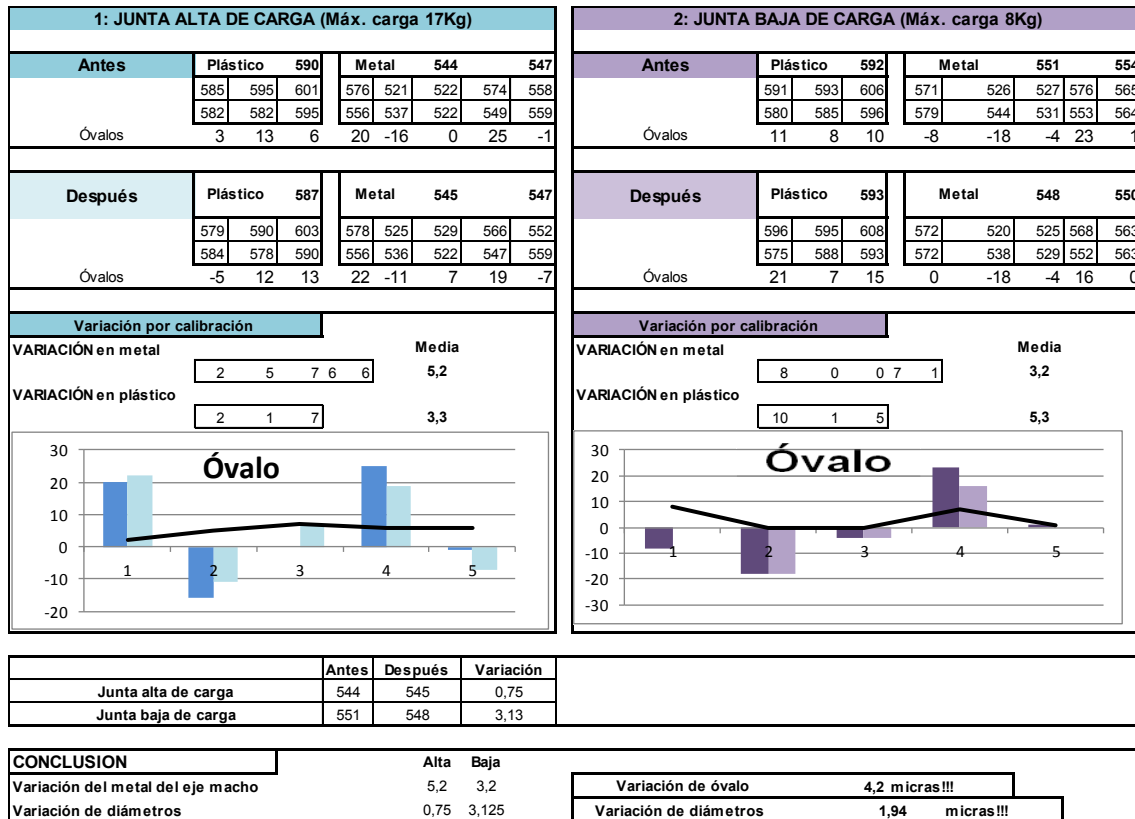


Figura 15. Verificación supuesto partida ejes macho 1 y 2.

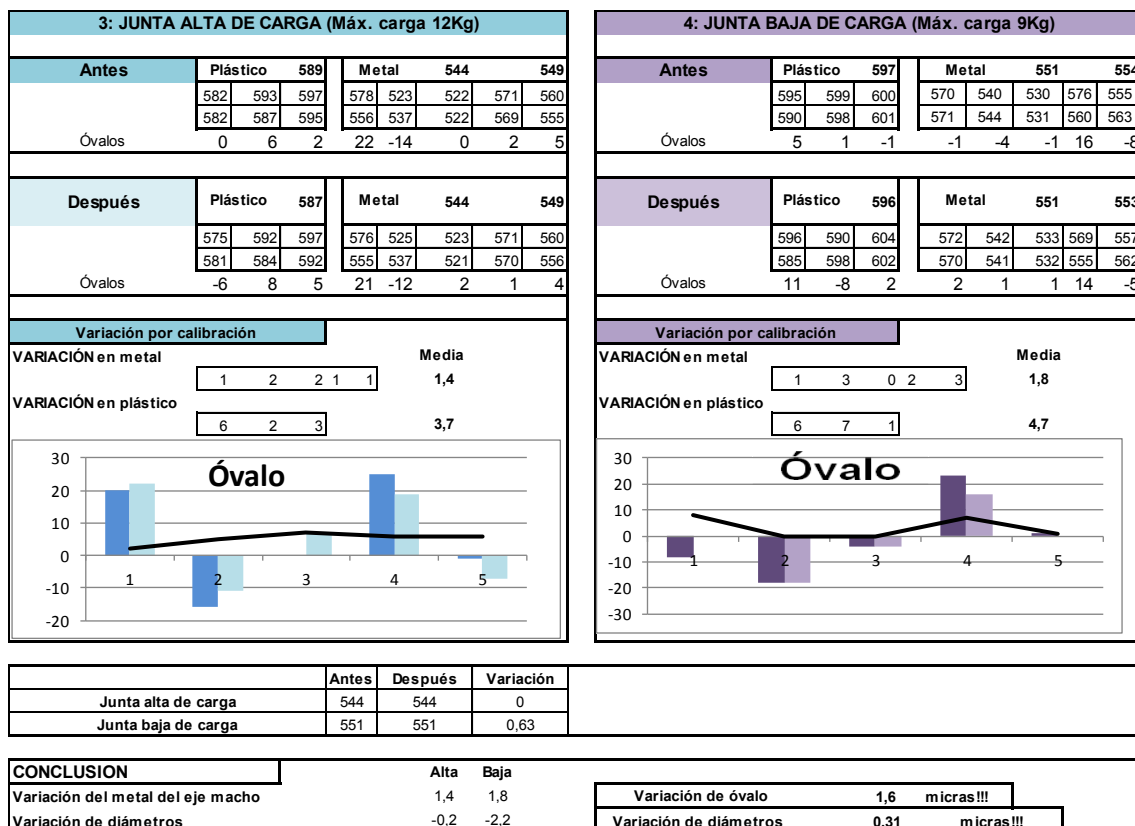


Figura 16. Verificación supuesto partida ejes macho 3 y 4.

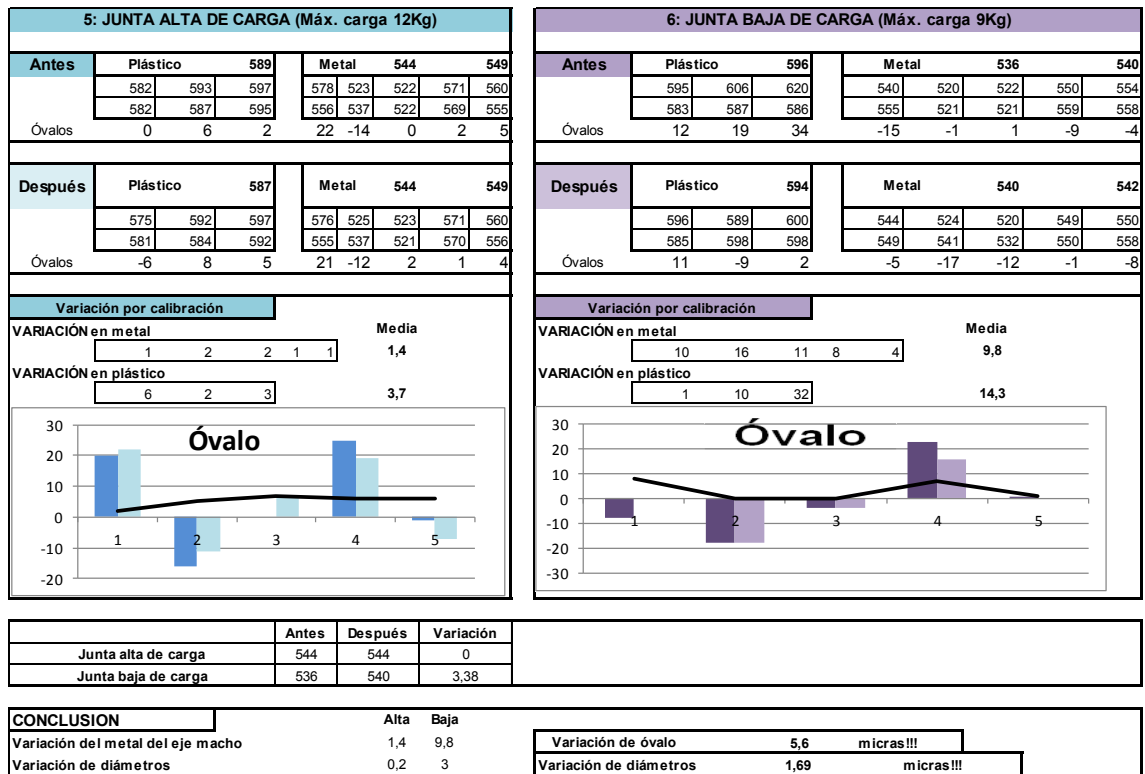


Figura 17. Verificación supuesto partida ejes macho 5 y 6.

- Medidas sobre el eje hembra:

Se han pasado calibres de diámetro externo a hembra a tres longitudes del diámetro entre bolas/aguja: la primera en la zona cercana al pin (5 cm), la segunda en la zona donde se prensa la junta (15 cm), la tercera en la zona final de la junta (20 cm).

		ANTES			DESPUES		
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Eje hembra 1	Alineado pin	P	P	PD	PD	NP	PD
	Transversal pin	P	P	P	P	P	P
Eje hembra 2	Alineado pin	P	P	P	P	NP	P
	Transversal pin	P	P	P	PD	P	NP
Eje hembra 3	Alineado pin	P	P	P	P	NP	P
	Transversal pin	P	P	P	P	PD	P
Eje hembra 4	Alineado pin	P	P	PD	PD	NP	PD
	Transversal pin	P	P	P	PD	P	P
Eje hembra 5	Alineado pin	P	P	P	P	PD	P
	Transversal pin	P	P	P	NP	P	P
Eje hembra 6	Alineado pin	P	P	PD	P	NP	PD
	Transversal pin	P	P	P	PD	P	NP

Designación controles

P Pasa OK

PD Pasa Duro

PMD Pasa muy duro

NP No Pasa

Tabla 6. Verificación supuesto partida ejes hembras.

Los resultados se exponen en la Tabla 6. Como puede observarse existen diferencias entre el antes y el después del calibrado. Las mediciones sobre el eje hembra que ha sido calibrado (tiene insertado el pin) son orientativas y es necesario contrastarlas con otros ensayos o pruebas. Sin embargo, en los ejes en los que el pin no ha sido insertado las mediciones son perfectamente fiables.

Por tanto, tras realizar un estudio de los componentes, el supuesto de partida queda avalado y formulado de la siguiente manera:

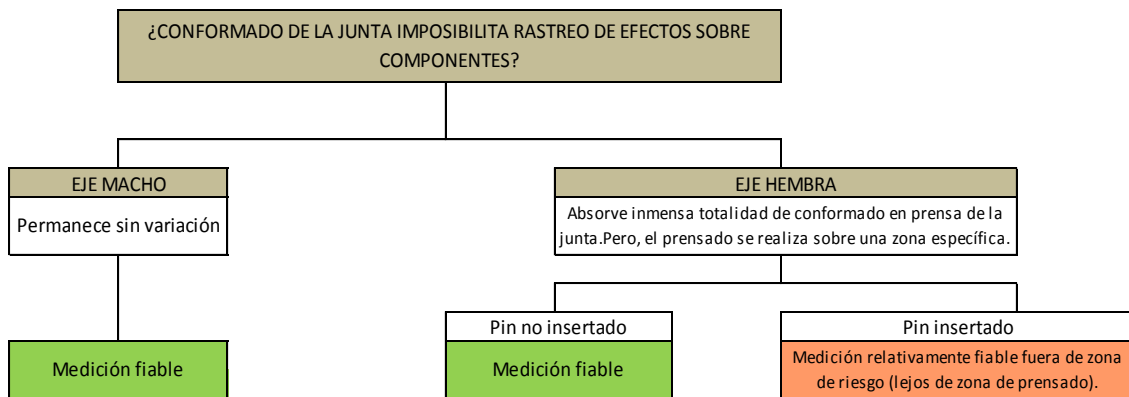


Figura 18. Ámbito de validez del estudio.

3.1.1. Elección de los sujetos.

La elección de los sujetos de estudio se ha realizado de manera aleatoria. Los rechazos, que se encuentran en cajones rojos bajo llave, diariamente se recogen de cada puesto de la línea por un auditor de calidad. Este anota los datos para llevar un registro de material no conforme.

En días esporádicos se han recogido los rechazos que el auditor ha identificado como altas de carga (en prensa L3) o deslizamiento incorrecto (en CARE). En la extracción de los sujetos se ha asegurado que no se estaba trabajando bajo condiciones de funcionamiento de máquinas inusuales ni haciendo procesos fuera de especificación para garantizar la representatividad de la muestra en estudio.

3.1.2. Elección de las variables/atributos.

Entre la documentación necesaria para que un puesto se pueda operar en una línea de fabricación se encuentran las hojas de proceso. En ellas se recogen las pautas y los medios de control asociados a cada fase de la línea.

De entre las variables/atributos que se deben verificar según método se escogieron aquellas que por observación directa del proceso estaban relacionadas con el problema carga incorrecta de deslizamiento. Según el puesto/fase las variables escogidas fueron:

- Estirado: Diámetro entre bolas, diámetro de cresta con calibre pasa/no pasa, diámetro externo con calibre pasa/no pasa, útil estriado.
- Transfer: grados de montaje y longitud subconjunto.
- Inyectora: Diámetro entre bolas/aguja en zonas metálicas e inyectoras.

Además de las pautas de control, se han tenido en cuenta otros aspectos:

- Se han registrado aspectos visuales como gripados en el eje macho, golpes en el dentado y la facilidad con la que pasa el eje macho en el utillaje de medición de diámetros para detectar deformaciones (véase Figura 19).

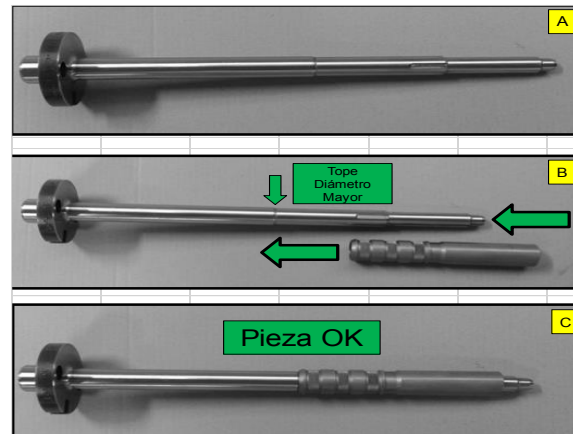


Figura 19. Útil verificar diámetros internos (alma 3ª estación laminadora).

- Se han medido los ángulos de laminación y clavado con el fin de analizar si la interferencia entre ellos era causa de carga de deslizamiento alta.
- Se ha creído conveniente realizar una comparación controlada de los ejes rechazados con otros ejes (medidos previamente: “patrones” en especificaciones máximas y mínimas) para descartar rápidamente los ejes conformes.
- Se ha registrado la secuencia de retirado del material plástico con comparativas en cada anillo retirado con los “patrones” con el fin de detallar al máximo el estudio.

3.1.3. Procedimiento a los sujetos.

a. Identificación y preparación.

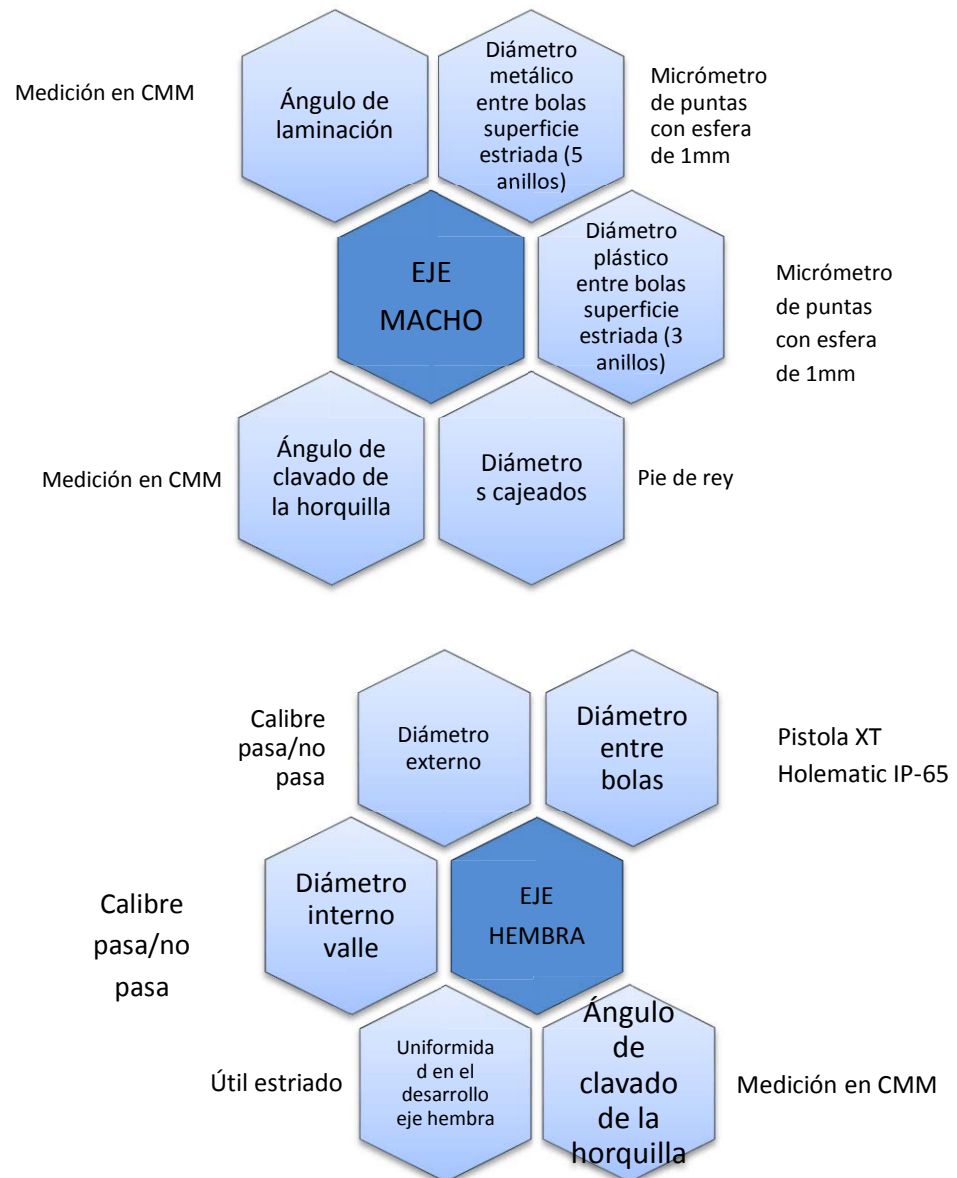
1. Identificar el tipo de junta: B2E/B562 (según longitud)
2. Anotar problema que se aprecia con apertura-cierre manual, para orientar las medidas a zona del problema con precisión.
3. Identificar con rotulador permanente el número de junta del estudio tanto en el eje hembra como en el eje macho.
4. Indicar si el pin está insertado o no. (Esto indica si la junta ha sido calibrada, este hecho se recoge en el supuesto de partida). En el caso de que el pin esté insertado se procederá a retirarlo.
5. Indicar cobertura de grasa en superficie componentes para ver el grado de lubricación de la unión (posible causa). Una vez registrado limpiar la junta.

b. Inspección visual

Identificar problemas de inyección (fleclos, quemaduras, rechupes, etc...), marcas en horquillas por inserción de horquilla vaso o longitudinales al eje macho, golpes en dentado de eje macho, ajuste en utillaje de medición y otros aspectos visuales relevantes.

c. Mediciones

A continuación se ha incluido un SmartArt con las mediciones del estudio.



En la Figura 20 se incluye una relación de las variables medidas, su gama de control, la especificación según plano/hoja de proceso asociada y un apartado de aclaraciones. En las aclaraciones aparecen los detalles de plano pertinentes puesto que no se pueden reproducir los planos completos al estar el proceso de fabricación sujeto a patente.


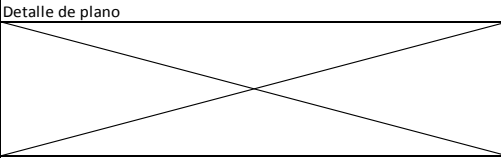
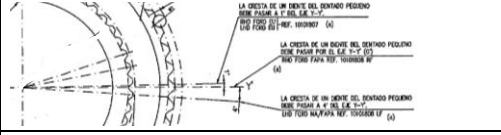
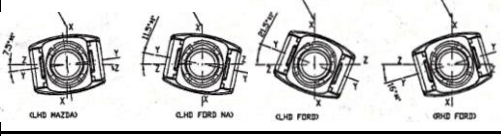
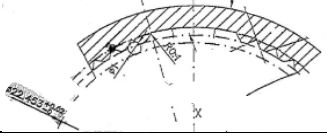




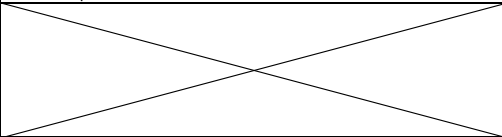
NOMBRE DEL COMPONENTE	VARIABLE A MEDIR	FORMA DE CONTROL	ESPECIFICACIÓN (mm)	Aclaración
Eje macho	Diámetro metálico entre bolas	Micrómetro de puntas (esfera 1mm)	25,440-25,560	Detalle de plano 
	Diámetro plástico entre bolas	Micrómetro de puntas (esfera 1mm)	25,580-25,610	Detalle de plano No existe plano en el que se indique dicha especificación pero sí un registro al lado de la inyectora en el que se indica el control y que se trata de un parámetro orientativo.
	Diámetros cajeados	Pie de rey	No existe	Detalle de plano 
	Ángulo de laminación	CMM	Depende de referencia el valor nominal, pero la tolerancia es de $\pm 0,5^\circ$	Detalle de plano 
	Ángulo de clavado horquilla vaso	CMM	Depende de referencia el valor nominal, pero la tolerancia es de $\pm 1^\circ$	Detalle de plano 
Eje hembra	Diámetro entre bolas	Pistola XT Holematic IP-65	22,453-22,473	Detalle de plano  Foto de control 
	Diámetro externo	Calibre C-0102G	Pasa/No pasa	Foto de control 
	Diámetro interno cresta	Calibre C-0108E	Pasa/No pasa	Foto de control 
	Uniformidad de diámetro entre bolas	Útil estriado	Pasa/No pasa/Pasa Duro	Foto de control 
	Ángulo de clavado horquilla vaso	CMM	El valor nominal es de 0° y la tolerancia es de $\pm 0,5^\circ$	Detalle de plano 

Figura 20. Gama de control

d. Análisis

En este paso del experimento se recopila la información relevante desprendida del ensayo y en caso de no haberse podido determinar un efecto causante prioritario se procede a realizar análisis complementarios a los componentes. Entre dichos análisis complementarios, que dependen del problema en concreto de cada junta, podemos enumerar algunos como pueden ser el limado de la unión estriada o el corte longitudinal a la hembra para ver el dentado interior. En las Figuras 21 y 22 se muestran fotos describiendo los análisis anteriores.



Figura 21. Limado de la unión con lima de sección triangular



Figura 22. Corte longitudinal eje hembra.

e. Conclusiones

Se formula de manera clara la hipótesis sobre el motivo principal del deslizamiento incorrecto.

3.1.4. Ficha de datos

Para facilitar y formalizar la recogida de informaciones en el estudio se ha diseñado una ficha de datos. Además para que el estudio estuviese comprometido sobre datos y los razonamientos fuesen en base a hechos objetivos y no sobre impresiones se han guardado las piezas en la fábrica por si alguien quisiera someterlas a un análisis posterior.

Se adjunta a continuación el modelo final de la ficha de datos. Las fichas rellenas se incluyen en el apéndice 7.4 para que puedan ser consultadas.

CSA

since 1929
THE BEST
ENGINEERING TEAM
AT YOUR SERVICE

CASTELLÓN AUTOMOTIVE

Estudio incorrecto carga deslizamiento para proyecto B2E (6pack)/B562

Nº junta

Tipo

Fecha de recogida

PROBLEMA

¿Pin insertado?

SI NO

Macho:

TOTAL MEDIA NULA

Hembra:

TOTAL MEDIA NULA

Coertura grasa

¿Problemas de inyección?

¿Arañazos en eje macho?

¿Marca de abocardado (eje/horquilla)?/¿Flexión eje por abocardado ok?

¿Golpe en dentado macho?

¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros?

Otros:

Visual

A

B

C

M1

M2

M3

M4

M5

Mediciones

Diámetros (mm):

Plástico

Media

Metal

A

B

C

M1

M2

M3

M4

M5

0º

90º

Óvalos

Ranurados (si óvalo)

Diámetros (mm)

Longitudes subconjuntos (mm):

Longitudes (mm)

Ángulos (º):

Laminación (si mal ángulo clavado)

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

Clavado

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

EJE MACHO 25, _ _ _ _

EJE HEMBRA 22, _ _ _ _

Zona pin

¿Tendencias distintas?

Comparación

Hembra _ _ con otros machos (sin inyectar):

Macho _ _ con otras hembras (antes de quitar plástico):

Retirada plástico

Sin anillo _ _ _

Sin anillo _ _ + _ _

Sin anillos


Con su hembra

¿Deslizamiento OK?

Con otras hembras

Conclusión inyección: ¿Problema?

Ficha datos vacía reverso:




Verificación controles hembras

C-0102G (Calibre pasa/no pasa al diámetro externo)

C-0292 (Útil estriado)

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)



Zona Pin	Zona central	Zona cierre cuello

Entrada:	Resto:

Designación controles	
P	Pasa OK
PD	Pasa Duro
PMD	Pasa muy duro
NP	No Pasa

ANÁLISIS:

CONCLUSIÓN:

3.2. Análisis de los datos experimentales.

3.2.1. Tabla de datos.

En la página siguiente se encuentra la Tabla 7, en ella se resumen los datos experimentales más importantes y las conclusiones a los motivos de incorrecta carga de deslizamiento para cada junta analizada. Los motivos se han clasificado en tres tipos: inyección, eje macho y eje hembra. Para su clasificación se han decidido tabular los siguientes datos según el motivo/causa:

- Para analizar la influencia de la inyección de plástico que se realiza en el eje macho hemos tabulado valores de diámetro medio y máximo en los anillos dentados y también la facilidad al deslizamiento tras la retirada de todos los anillos de inyección.
- En el caso del desarrollo metálico del eje macho se han tabulado valores de diámetro medio, diámetro máximo y zona indicando además el óvalo máximo y zona. También se ha incluido la comparativa al deslizamiento con otros ejes hembras y aspectos visuales relevantes.
- Y, por último, para analizar el desarrollo metálico del eje hembra se han tabulado aspectos tales como si el pin está insertado en la junta (calibración/deformación) o si supera los calibres en la zona de medición además de la medida de diámetro interno de la hembra y la comparativa al deslizamiento con otros ejes machos.

Para que el análisis de la tabla resulte más fácil a la hoja de Excel de la que procede se le han incluido algunos formatos condicionales que se explican a continuación.

Por un lado, a las variables fuera de especificación según hoja de proceso se han destacado coloreando tanto el relleno de celda como el color de fuente. Si se quieren consultar las especificaciones vienen recogidas en la Figura 20.

Y, por otro lado, tal y como viene recogido en la leyenda de la tabla, se han codificado las casillas de las conclusiones a través de un formato condicional de categorías con iconos en orden inverso. Así, según afinidad con el motivo del defecto se le ha asignado un 0 si la causa se excluye del análisis, un 1 si no es posible excluirla pero tampoco catalogarla como vital en el defecto y un 2 cuando los datos recogidos en el análisis apuntan directamente que ha sido una causa vital.

		EJE MACHO											EJE HEMBRA					0	1	2	Conclusiones	
		ZONA METÁLICA						ZONA INYECTADA				Tras retirada de plástico: ¿Deslizamiento ok con OTRAS hembras?	¿Pin insertado?	Diámetro medio pin (mm)	¿Calibres en zona pin ok?	Observaciones calibres	¿Deslizamiento ok con OTROS machos?	excluida	posible	vital		
Nº JUNTA	Problema	Diámetro medio T (mm)	Ø máximo (mm)	Zona Ø máximo (mm)	Ovalo medio (µm)	óvalo máximo (µm)	Zona óvalo máximo	Observaciones	Diámetro medio T (mm)	Ø máximo (mm)	Zona Ø máximo	Tras retirada plástico, ¿Junta desliza ok?							Mala inyeccion	Macho metal		Hembra
1	Alta	25,509	25,557	M5	26	38	M5	Arañazos longitudinales al key. Golpe dentado M5	25,584	25,597	P3	R	NO	Si	22,458	NO	Entrada: óvalo (diam. externo y útil estriado). Mitad: diametro externo el no pasa entra a lo largo del círculo.	Si	✓0	✗1	!1	La junta originalmente era alta de carga debido a los óvalos del macho. Se ha intentado bajar la carga mediante golpes con maza blanda en zona pin pero debido a que no sólo en esa zona habia óvalo acusado sino que también en M4 y M5 no ha sido posible calibrarla. La zona de entrada de la hembra (pin) se encuentra exageradamente deformada (de echo se evidencia con el calibre que el lado no pasa pasa sin ninguna dificultad y el útil estriado no entra).
2	Saltos	25,483	25,535	M5	40	60	M2	Arañazos longitudinales al key y golpes discontinuos alineados. No entra completamente en útil medición.	25,594	25,621	P3	NO	NO	Si	22,475	NO	Entrada: no óvalo pero no pasa util estriado. Mitad en perpendicular al pin nok	R	✓0	✗2	✗2	La junta originalmente era baja de carga. Se intenta subir prensándola pero debido a los óvalos del macho y al diámetro de la hembra fuera de máximos es imposible calibrar. Algún golpe de prensa clava definitivamente la junta. Los óvalos en el P2 y P3 se deben a la deformación del eje macho, puesto que coinciden las ovalidades del M4 y el P3.
3	Alta	25,478	25,530	M1	56	89	M4	No entra completamente en útil medición.	25,585	25,612	P3	NO	NO	Si	22,474	R	Entrada: cierto ovalo. Mitad óvalo y útil se clava.	R	✓0	✗2	!1	Exagerado óvalo en los diámetros de todos los anillos del eje macho, imposible calibrar junta. Al comparar con otras hembras es imposible avanzar mas de la zona M4 donde se queda clavado el eje macho tiene un óvalo de 89. El eje hembra está deformado pero no se puede determinar la causa exacta (calibración, estirado, clavado).
4	Alta	25,520	25,541	M5	12	27	M4	Arañazos discontinuos alieados, huella secundaria mal mecanizada.	25,604	25,625	P3	R	NO	Si	22,470	OK	Entrada y mitad: correcto. El calibre estriado al final se clava.	NO	!1	✗2	✗2	Tras la retira de los anillos de inyección la junta desliza con carga, a pesar de que desciende considerablemente el roce, no se puede descartar la inyección como causa (se indica como posible) puesto que el diámetro máximo del plástico se encuentra a 25,625mm. El eje macho presenta el dentado dañado en zona M5 y la huella secundaria mal mecanizada. La conjunción de estos dos defectos se manifiesta como consecuencia de una inadecuada puesta a punto en la laminadora cuando se cambia un parametro de fabricación (grados del eje). Al comparar la hembra con otros machos no entra en ninguno de los 5 comprobados, los controles de hembras indican deformación sólo en zona media. No se puede determinar el motivo de la deformación (calibración, estirado o si ha sido causado por la huella que debido al ancho de diente anormal se deforma un diente de la hembra).
5	Alta	25,553	25,588	M4	29	49	M5	Arañazos longitudinales al key.	25,610	25,624	P3	Si	NO	Si	22,477	R	Entrada todos calibres pasas con dificultad,en el resto de zonas medición correcta.	R	!1	✗2	!1	En un primer momento se pensó que el problema habia sido inyección elevada puesto que al retirar los anillos de plastico la junta deslizaba sin interferencias. Para comprobar la hipótesis se volvió a inyectar a un diámetro menor (25,576mm) que volvió a generar el problema de partida: junta clavada. Se descartó la inyección como problema principal. El problema residia en el diámetro de un anillo del eje macho que interferia en el deslizamiento con un diámetro de 25,588mm.
6	Alta	25,548	25,564	M1	9	14	M4	Arañazos longitudinales al key y golpes discontinuos alineados con diente dañado.	25,605	25,621	P3	R	NO	NO	22,453	NO	Entrada: sin óvalo, calibres cresta ok pero útil estriado no pasa (útil estriado muy restrictivo en cota mínima hembra). Mitad final no entra calibre diametro externo.	Si	!1	✗2	!1	Aunque el pin no está insertado, según los controles de los calibres, la zona final de la hembra ha sido deformada, es decir, la junta se ha intentado calibrar. La hembra se encuentra en cota mínima, por lo que la inyección en este caso es excesiva (con máximo en 25,621mm). No obstante, el plástico sólo magnifica el problema puesto que la causa raiz es un golpe en el dentado del eje macho zona M5 ya que al limarla y sin plástico el deslizamiento es correcto. Además del gripado del diente, el eje presenta marcas discontinuas y longitudinales al golpe y en el utillaje de medir diametros se clava. El problema es un golpe durante el proceso que daña el eje, hecho que se magnifica con una inyección elevada y un eje hembra en mínimos.
7	Alta	25,555	25,571	M5	2	6	M2	Arañazos longitudinales al key y golpes discontinuos alineado con diente dañado.	25,610	25,626	P3	R	NO	Si	22,453	NO	Calibres ok en todas zonas excepto útil estriado que no pasa de la entrada(útil estriado muy restrictivo en cota mínima hembra).	Si	✗2	!1	!1	Junta muy parecida a la número 6. Inyección alta con hembra en cota mínima que al retirar el plástico ya no se clava pero roza con algo de dificultad teniendo que limar el diente dañado en M5 y deslizando algo mejor. La diferencia con respecto a la 6 es el diámetro máximo en el anillo M5. Mientas que en la junta 6 el diámetro máximo en M5 es de 25,562; en la junta 7 es de 25,571. Para que deslize sin interferencia se tuvo que limar los dientes de ese anillo metálico reduciendole el diámetro y ya deslizamiento ok.
8	Saltos	25,522	25,540	M1	13	22	M1	Material de arrastre en canales deslizamiento. Gran facilidad de paso en útil medición diámetros. Arañazos longitudinales y discontinuos alineados con el key. Óxido en horquillas.	25,596	25,620	P3	No	NO	Si	22,475	NO	Diámetro externo en zona pin muy ovalado, transversal pin no pasa y alineado entra el calibre no pasa. En el resto de la pieza el calibre verifica ok. Calibre de núcleo ok. Útil estriado con dificultad en entrada y después experimenta salto brusco.	Si	!1	✓0	✗2	Eje hembra con punto duro (salto a 93,51 mm del extremo con pin) en esa zona diámetro a 22,465mm. Calibres verificación de hembras conformes en zona salto. Por tanto, el eje hembra no presenta un desarrollo uniforme, tiene una sección más estrecha que provoca un salto en el deslizamiento. Inyección con máximo a 25,620mm que al retirar plástico sigue provocando interferencia. Dado que de la comparación con otras hembras el eje macho sin inyección deslizaba sin interferencia y los diámetros por anillo y óvalos no son excesivamente anómalos podemos descartar la causa asinable al estado del eje macho.
9	Alta	25,557	25,575	M1	9	14	M4	Arañazos longitudinales al key y golpes discontinuos alineado con diente dañado. Gran facilidad de paso en útil medición diámetros. Golpe en cajeado 2.	25,610	25,624	P3	Si	R	NO	22,473	OK	Todos calibres pasan ok, salvo diámetro externo en perpendicular en zona media.	R	✗2	✓0	✓0	Junta originalmente alta de carga (mala inyección) que se intentó bajar de carga moldeandola en prensa (salto brusco de longitud 42,8 mm distancia que corresponde a la longitud de la cuna de calibración) y no se consiguió calibrar.
10	Saltos	25,555	25,575	M1	8	16	M1	No entra completamente en útil medición. Huella secundaria mal mecanizada	25,594	25,603	P2	R	R	Si	22,468	NO	El eje hembra solo pasa el control del núcleo. Resto controles hembras incorrectos.	R	✓0	✗2	!1	Los diámetros plásticos están dentro de la normalidad se descarta una mala inyección. El eje macho no presenta anomalías en sus sección por lo que se descartan causas asignables a una deformación. No obstante, el eje macho no se puede descartar como causa, tiene la huella secundaria mal mecanizada. Esto no sería una causa vital si la hembra estuviera en diámetro cercanos a los máximos, pero nos encontramos con una hembra próxima a valor nominal. Dado que la hembra no pasa los controles de verificación, podemos inferir que la sección longitudinal no es uniforme (calibrado, estirado u otros). Se corta la hembra para medir en la zona en la que se clava el eje macho. A una distancia de 97,51mm con respecto al extremo del pin se encuentran distintos diámetros medios según anillo con un mínimo absoluto de 22,435 mm. Por lo anterior, podemos afirmar que si la hembra tuviese un desarrollo completamente uniforme en su sección transversal a la medida indicada (22,468mm) la huella no sería causa de problema, pero no es así, la hembra tiene una zona con estrechamiento.El problema es una causa combinada entre la interferencia de la huella mal mecanizada en el eje macho y la zona de menor diámetro entre bolas de la hembra, esto ocasiona deformación en los canales de deslizamiento generando carga no uniforme (deslizamiento a saltos).
11	Alta	25,564	25,594	M1	13	19	M4	Al retirar el plástico no sale completo el anillo se parte. Dificultad para introducir el eje en el útil de medición. Huella secundaria mal mecanizada.	25,567	25,583	P3	No	R	Si	22,454	R	Entrada: no óvalo pero no pasa útil estriado. Mitad en perpendicular al pin nok	Si	✓0	✗2	✓0	Se ha descartado por completo que el problema recaiga en el eje hembra: los calibres se han verificado correctos, el dentado interior esta intacto (corte longitudinal) y los grados de laminación estan según especificación. El problema recae en el eje macho, se encuentra fuera de especificación máxima con diámetro medio a 25,561mm y puntos máximos a 25,594mm en M1 y a 25,588mm en M4. Aunque la huella secundaria del eje macho está mal mecanizada, no es causa vital al no interferir con el eje hembra en ningún punto (uniformidad del eje hembra). Se descarta la mala inyección puesto que el espesor pequeño de los anillos que causa su rotura al extraerlos es causa del engorde del macho. El hecho de que la junta sea alta de carga se debe a la interferencia metal (macho)-metal(hembra).

Tabla 7. Resumen experimento

3.2.2. Diagrama de sectores.

Con la información proporcionada a través del experimento podemos cuantificar la importancia relativa de cada causa con respecto al total de juntas analizadas. Se considera causa asignable tanto si es posible como vital.

-Causa asignable a motivos **combinados**: supone el **72,73%**.

-Causa asignable **solamente** al estado del eje **macho**: supone el **18,18%**.

-Causa asignable **solamente** a **inyección** incorrecta: supone el **9,09%**.

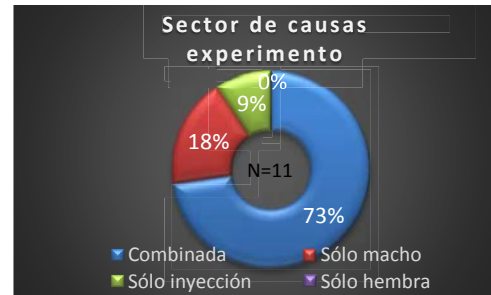


Figura 23. Sector de causas experimento

Puesto que el motivo mayoritario es causa combinada vamos a desglosar dicho factor para analizarlo en profundidad. Sobre un total de 8 juntas rechazadas en causas combinadas obtenemos los siguientes resultados:

-Causa combinada eje **macho** y eje **hembra**: supone el **50%**.

-Causa combinada de **todos** los componentes (eje macho, eje hembra e inyección): supone el **37,50%**.

-Causa combinada eje **hembra** e **inyección**: supone el **12,50%**.

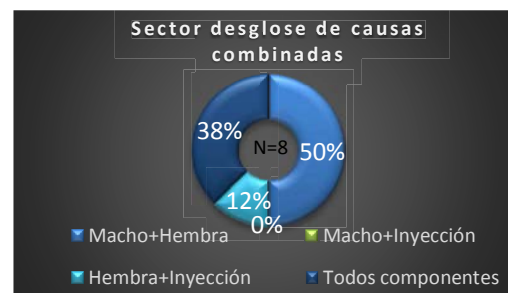


Figura 24. Sector de causas combinadas experimento.

A la vista de los datos anteriores y con carácter general se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- Debido al supuesto de partida del experimento no se pueden achacar causas en exclusiva al estado del eje hembra. No obstante, este análisis sirve para enfocar otros estudios posteriores.
- Dado que el mayor porcentaje con un valor del 72,73% corresponde a causas combinadas, podemos confirmar la afirmación inicial de que el problema incorrecta carga de deslizamiento es un problema multifactorial.
- Dado que la geometría de la sección transversal en el desarrollo del eje macho afecta a un 81,82% en causa combinada y a un 18,18% en causa única, podemos afirmar que es un factor importante en el estudio.
- Puesto que una inyección incorrecta es causa combinada del 45,45% de las juntas analizadas, y causa única en el 9,09% podemos afirmar que hay un fallo en el control del proceso (se reprocesa el material no conforme en serie).

3.2.3. Análisis por componentes.

Eje macho:

Los problemas hallados en el experimento que se asocian con el estado del eje macho son la **falta de uniformidad en el desarrollo del eje** y el incorrecto mecanizado de la **huella** secundaria.

Por un lado, se afirma que el eje macho está deformado en base a los datos obtenidos del diámetro metálico entre bolas del dentado mayor (fuera de especificación) y al gran óvalo que presentan ciertos anillos metálicos (sobre todo los anillos 1,4 y 5). El experimento ha permitido centrar los factores de influencia en la deformación del eje macho pero se necesitan otros análisis para encontrar las razones que motivan las deformaciones. En la Tabla 8 (las medidas de diámetros están abreviadas 25, Y las de óvalos están en μm) se muestran los datos concretos a los que se han hecho referencia anteriormente.

Diámetros metálicos eje macho										
Junta rechazada	M1		M 2		M3		M 4		M 5	
	A 0°	A90°	A0°	A90°	A 0°	A90°	A0°	A 90°	A0°	A 90°
1	540	506	485	477	498	476	535	497	557	521
2	519	470	480	420	469	437	513	486	535	502
3	530	505	485	463	486	412	514	425	517	445
4	530	522	504	511	511	497	532	515	541	538
5	574	563	557	535	557	531	588	551	514	563
6	564	563	523	533	530	531	558	556	562	561
7	562	563	534	540	539	538	566	564	571	570
8	540	518	480	497	482	490	525	536	527	522
9	575	566	535	547	538	543	571	557	569	565
10	575	559	546	537	531	540	565	567	566	563
11	594	580	547	540	531	550	569	588	568	574

Junta rechazada	Ovalidad metal eje macho				
	$\Delta M1$	$\Delta M2$	$\Delta M3$	$\Delta M4$	$\Delta M5$
1	34	8	22	38	36
2	49	60	32	27	33
3	25	22	74	89	72
4	8	7	14	17	3
5	11	22	26	37	49
6	1	10	1	2	1
7	1	6	1	2	1
8	22	17	8	11	5
9	9	12	5	14	4
10	16	9	9	2	3
11	14	7	19	19	6

Tabla 8. Diámetros metálicos ejes machos

Y, por otro lado, se extrae del experimento que el incorrecto mecanizado de la huella secundaria ha resultado causa vital en dos de las 11 juntas analizadas. Siendo precisos este defecto ha aparecido en tres juntas, aunque su existencia no ha repercutido de igual manera en el problema ya que sólo ha representado una causa vital en dos de ellas.

La función de la huella es referenciar la orientación del dentado menor (moleteado del diámetro menor en donde se inserta la horquilla) con respecto al dentado mayor (laminado del diámetro mayor que genera la superficie de las acanaladuras de la unión estriada). Esta orientación sumada a otros elementos (ángulo de clavado de la horquilla vaso del eje macho y del eje hembra, ángulo de laminado del eje hembra) configuran el ángulo de fase de la junta completa (ángulo máximo de desalineación que permite comunicar la junta universal).

En la Figura 25 se muestra la huella mal mecanizada, el defecto consiste en la presencia de un escalón o lo que se podría identificar con un pequeño diente en una zona donde no debería haber nada.



Figura 25. Huella dañada

La referencia para orientar se consigue mediante la formación de una doble muesca en el extractor de la estación 4 de la laminadora. Estos dos puntos de apoyo (necesarios para sujetar y posicionar) son los que la matriz de la 3 estación genera en la pieza. La huella secundaria es la simétricamente opuesta a la principal que es colineal al key (nombre con el que se refiere a la zona sobre el diámetro mayor exenta de laminación). En la Figura 26 se muestran las dos huellas que posee el eje macho.

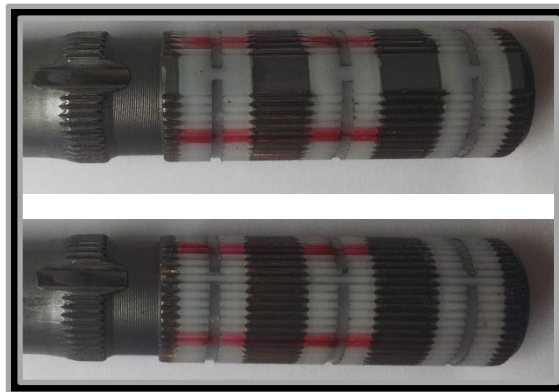


Figura 26. Huellas eje macho. En la imagen de arriba se muestra la huella principal y en la de abajo la huella secundaria.

La huella se realiza por arrastre de material en una de las matrices de la tercera estación de la laminadora. En la página 43 se puede encontrar una descripción detallada de las fases que conciernen a esta operación pero en este punto sólo se mencionan los aspectos relacionados con el defecto encontrado.

De la observación del funcionamiento de la máquina se concluye que puede deberse a dos motivos, o bien a una incorrecta puesta a punto de la laminadora al cambiar de modelo de fabricación mediante el ajuste de los grados, o bien a un desgaste en la matriz que genera la huella.

La medición del ángulo de laminación a lo largo del desarrollo del experimento se ha realizado sólo en aquellos casos en los que el ángulo de clavado de la junta estuviese fuera de especificación puesto que para poder acceder a la zona de medición había que pedir a los técnicos del taller de utillaje que preparasen la pieza.

Por ello, dado que las juntas (4, 10 y 11) eran conformes en la especificación de ángulo de clavado, no se dispone del ángulo de laminación de ninguna de ellas y no es posible ratificar la hipótesis de fallo en puesta a punto. En cuanto al segundo motivo, queda ratificado por indagación en el fenómeno. Se observaron las piezas inmediatamente antes de un cambio en la matriz de que conforma la huella visualizando el mismo defecto.

En consecuencia, el único motivo que se ha podido confirmar es el de la mecanización incorrecta de la huella ocasionada por un desgaste en la matriz que genera la misma. Así, debido al desgaste de la matriz se arrastra menos material que permanece en esa zona y al laminar el dentado del diámetro mayor la matriz de laminación (4 estación) genera un principio de diente en los flancos de la huella que debido a su inclinación causa interferencia en el deslizamiento.

Inyección:

Los problemas hallados en el experimento que se asocian con una **incorrecta inyección** aparecen por una combinación de ejes hembras en cotas cercanas a diámetros mínimos y diámetros plásticos con máximos absolutos en anillo 3 (en la mayoría de los casos con valores por encima de 25,620mm). Se desprende del experimento que el factor incorrecta inyección no es ni tan frecuente ni tan importante como se suponía al comenzar el estudio. Su influencia queda asociada al problema de deslizamiento como efecto magnificador del fallo en el 90,91% de las juntas analizadas.

Eje hembra:

Debido a la limitación del experimento (hipótesis de partida) no ha sido posible determinar fallos asociados en exclusiva al estado del mismo.

No obstante, el experimento ha servido para destacar aspectos importantes en causa combinada del eje hembra con la inyección de plásticos y desvelar posibles problemas en la sección transversal a lo largo del eje hembra. Así, el análisis ha permitido guiar la búsqueda de factores de influencia hacia otros factores antes ignorados.

En cuanto a las causas combinadas del eje hembra y la inyección de plásticos, se supone que el problema se debe a un excesivo apriete provocado por la interferencia de ejes hembras en cota mínima e inyecciones elevadas. Si bien, hay un factor más involucrado en esta causa de rechazo dado que la fabricación en serie ha tenido lugar sin consecuencias catastróficas en los días en los que estos dos factores han coincidido. El tercer factor se ha revelado por observación del funcionamiento de la línea, en días alternos se realizan selecciones de ejes hembras dentro de un mismo lote de fabricación mediante comparación con ejes machos. La necesidad de esta selección recae en una alta variabilidad en cuanto al diámetro interior del eje hembra. Por ello, es imperioso buscar las causas de variabilidad dentro de un mismo lote de fabricación en los ejes hembras.

Y, en lo que respecta la sección transversal del eje hembra el experimento ha revelado suficientes indicios para cuestionar la uniformidad de su desarrollo longitudinal ya que se han detectado puntos duros o zonas de estrechamientos (juntas 4,8 y 10). Si a este hecho sumamos la dificultad de medición del dentado interior del eje hembra y los resultados sobre la ausencia de uniformidad en el eje macho se desvelan como factor importante analizar los factores de influencia asociados a un estrechamiento del eje hembra.

3.2.4. Formulación de hipótesis.

Las causas identificadas en el experimento se pueden englobar según el componente al que afectan. Así, las hipótesis se formulan de la siguiente manera:

- **Hipótesis sobre la sección transversal del eje macho.** Se investigan las posibles deformaciones en el procesado que pueden provocar sección no uniforme. Incorrecto laminado (desgaste de herramientas, falta de formación en puesta a punto de máquinas, tiempos de ciclo incorrectos, material de partida fuera de la calidad requerida, etc...). Incorrecto clavado de horquilla en transfer (erróneo control proceso en clavado y remachado, imperfecto posicionado de eje para inserción horquilla, equivocada verificación de abocardado, etc...).
- **Hipótesis sobre la sección transversal del eje hembra.** Sección con “punto duro” y variabilidad de diámetros interiores en un mismo lote de fabricación.
- **Hipótesis sobre incorrecta inyección de material plástico en cajeados ejes machos.** Afectado por deformación eje macho y por eje hembra en diámetros con cotas a mínimos de especificación. Análisis de la gran variabilidad/dispersión de diámetros.

4.1. Sección transversal del eje macho.

4.1.1. Comparación material conforme/rechazado.

Con el fin de identificar la importancia en el grado de rechazo por valores de óvalo y diámetros inadecuados en el eje macho se han realizado mediciones de ejes machos en serie (producto conforme recogido después de calibrado) para compararlo con las mediciones del material rechazado.

En la Tabla 9 se muestra la comparativa con los 5 primeros ejes machos rechazados (que son los que mayor óvalo presentan). Las medidas de diámetros están abreviadas 25, Y las de óvalos están en μm .

Nº de eje macho	Óvalo promedio	Diámetro promedio	Óvalo por anillo					Diámetro por anillo				
			O1	O2	O3	O4	O5	M1	M2	M3	M4	M5
41	12	549	23	-15	-3	14	4	563	532	532	555	563
40	5	553	-2	-13	0	10	0	569	537	536	558	567
39	13	554	34	-5	1	23	0	569	537	537	560	566
38	17	551	32	-1	19	31	0	562	531	531	563	567
37	11	551	-13	-25	-16	-2	0	565	538	535	556	562
36	14	546	26	0	5	25	13	559	530	525	555	560
35	8	557	-13	-13	-5	8	0	576	541	538	562	570
34	7	561	0	7	6	15	7	582	546	543	563	572
33	17	546	12	-8	-1	20	6	559	526	528	556	563
32	11	553	10	-5	-4	20	1	571	534	532	560	568
NOK 1	27,6	509	34	8	22	38	36	523	481	487	516	539
NOK 2	45,2	481	49	60	57	27	33	495	450	441	500	519
NOK 3	56,4	478	25	22	74	89	72	518	474	449	470	481
NOK 4	9,8	520	8	-7	14	17	3	526	508	504	524	540
NOK 5	29	553	11	22	26	37	-49	569	546	544	570	539

PROMEDIOS	Óvalo medio	Diámetro medio	O1 medio	O2 medio	O3 medio	O4 medio	O5 medio	M1 medio	M2 medio	M3 medio	M4 medio	M5 medio
OK	11	552	16,5	9,2	6	16,8	3,1	567	535	534	559	566
NOK	33,6	508	25,4	23,8	38,6	41,6	38,6	525,9	491,7	484,9	515,6	523,3

VARIACIÓN	Óvalo	Diámetro	O1	O2	O3	O4	O5	M1	M2	M3	M4	M5
	22,24	43,76	8,9	14,6	32,6	24,8	35,5	41,45	43,3	48,6	43	42,45
	x3		VARIACIÓN SIGNIFICATIVA EN ANILLOS 3 Y 5					VARIACIÓN UNIFORME DE 40 MICRAS MÁS PIEZAS OK FRENTE A NOK				
			x2,5	x6,5	x2,5	x12						

Tabla 9. Comparación ovalidades ejes macho.

Como se observa en la tabla la **diferencia es sustancial**, luego queda confirmado que el óvalo y los diámetros son factores de influencia en el problema analizado. Además, se ha hecho patente la **importancia de registrar valores medios, puntos máximos y zonas donde se producen**; aspectos que se han revelado como claves para entender el problema analizado.

Así, si se detecta una variación cercana a 30 μm en el anillo 3, o bien a 20 μm en el anillo 4, o de 40 μm en el anillo 5 sería una clave para identificar que el proceso se encuentra fuera de control.

En las Figuras 28 y 29 se pone de manifiesto la diferencia observada.

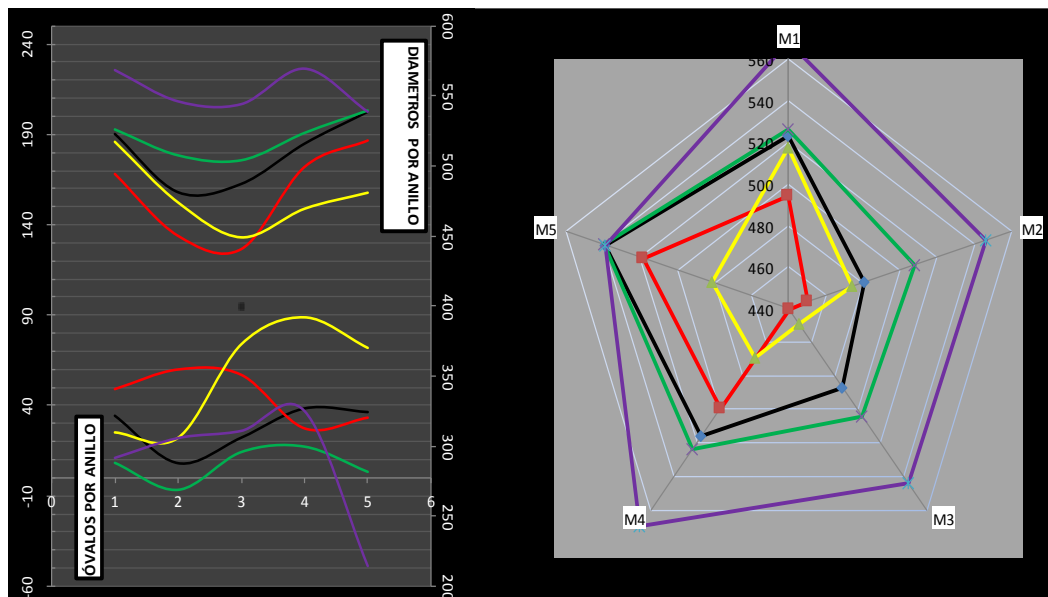


Figura 28. Gráficos de ejes machos rechazados (Ejes 1-5)

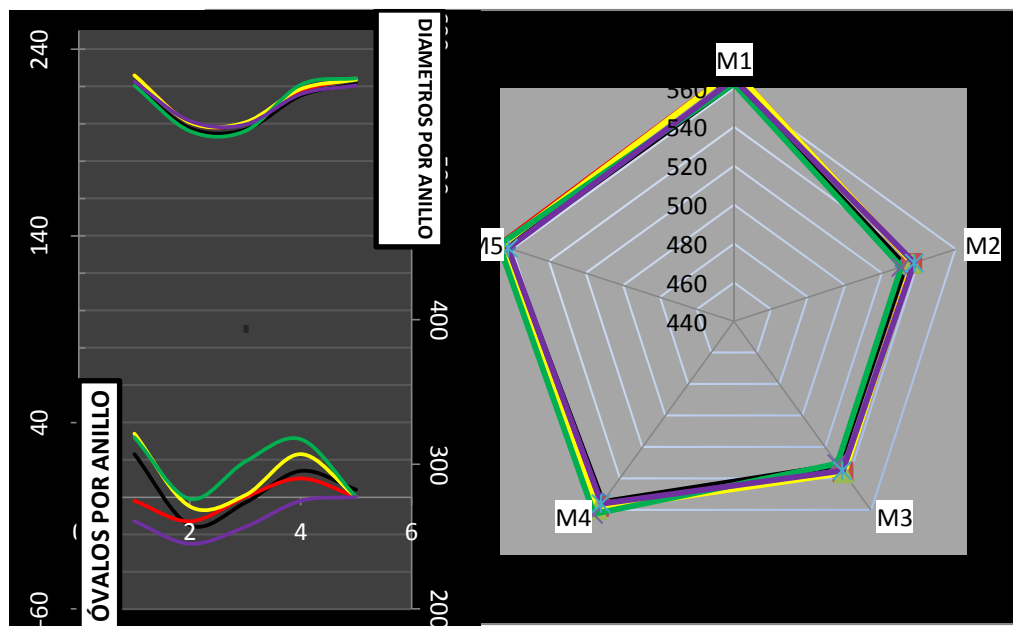


Figura 29. Gráficos de ejes conformes (en fabricación serie 36-32)

Como puede extraerse por observación directa de los gráficos existen grandes diferencias visibles al comparar producto conforme y rechazado en los aspectos de diámetros y óvalos medios por anillo.

Análisis detallado de los gráficos de la página anterior (pág. 38):

- Análisis gráfico de líneas (izquierdo):

Series de óvalos (abajo, eje vertical principal): se puede identificar cierta tendencia en el óvalo de los ejes machos conformes con picos en el anillo 1 y en el 4, sin embargo en los ejes machos rechazados no se puede determinar ninguna tendencia o similitud en el comportamiento entre ejes diferentes presentando las series una gran dispersión.

Series de diámetros (arriba, eje vertical secundario): se puede identificar la misma tendencia de las series tanto en material conforme como en rechazado, aunque el rango de dispersión es mayor en los ejes no conformes. Ambos gráficos presentan picos en los anillos 1, 4 y 5.

- Análisis gráfico radial (derecho):

En el gráfico radial de material conforme no existe dispersión en los datos por diámetro medio en cada anillo (designados con M1-M5) aunque el eje se encuentre en tolerancias máximas o incluso por encima del límite máximo) En cuanto al gráfico radial de material no conforme cada eje macho se comporta de una manera diferente y sin posibilidad de extraer conclusiones.

Como consecuencia del análisis anterior podemos afirmar que a pesar de que existe cierta tendencia en los datos debido a la fabricación en serie la mayor dispersión con respecto a esta tendencia se identifica con el producto no conforme.

<p align="center">CONCLUSIONES AL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DESARROLLO DEL EJE MACHO.</p>

<p>El proceso de fabricación genera un desarrollo no uniforme (tendencia) pero que no afecta a la calidad de la junta terminada salvo si se produce una gran dispersión con respecto a esa tendencia (las variaciones anómalas se especifican la página 37)</p>

<p><u>Necesidad:</u> Anomalía en la uniformidad del desarrollo del eje macho.</p>
--

<p>+ ¿Por qué no se detectó?</p>

<p>+ ¿Por qué se produjo?</p>

4.1.2. Anomalías encontradas: ausencia de detección y motivos de ocurrencia.

Necesidad: Anomalía en la uniformidad del desarrollo del eje macho.
 + ¿Por qué no se detectó?

A pesar de que se lleva a cabo un registro del diámetro metálico del eje macho, dicho registro no ha sido capaz de detectar anomalías. El problema recae directamente sobre el diseño del medio de control para esta variable y falta de actualización ante modificaciones en el proceso. Primero se va a exponer el procedimiento de medición (el cual se conoce en profundidad puesto que durante el desarrollo de las prácticas el autor se ha encargado de llevar un registro paralelo) y después los motivos que desencadenaron la no detección.

El procedimiento de medición, consiste en retirar 2 ejes machos inyectados sin grasa de la línea y hacerles marcas con rotulador indeleble diametralmente opuestas para lo cual se dispone de un cilindro estriado con marcas. Una vez marcado el eje macho se lleva al laboratorio de calidad, se introduce en un utillaje que es el alma de la 3ª estación de la laminadora de ejes macho y se mide con un micrómetro de puntas fijo a una bancada regulable en 3 ejes.

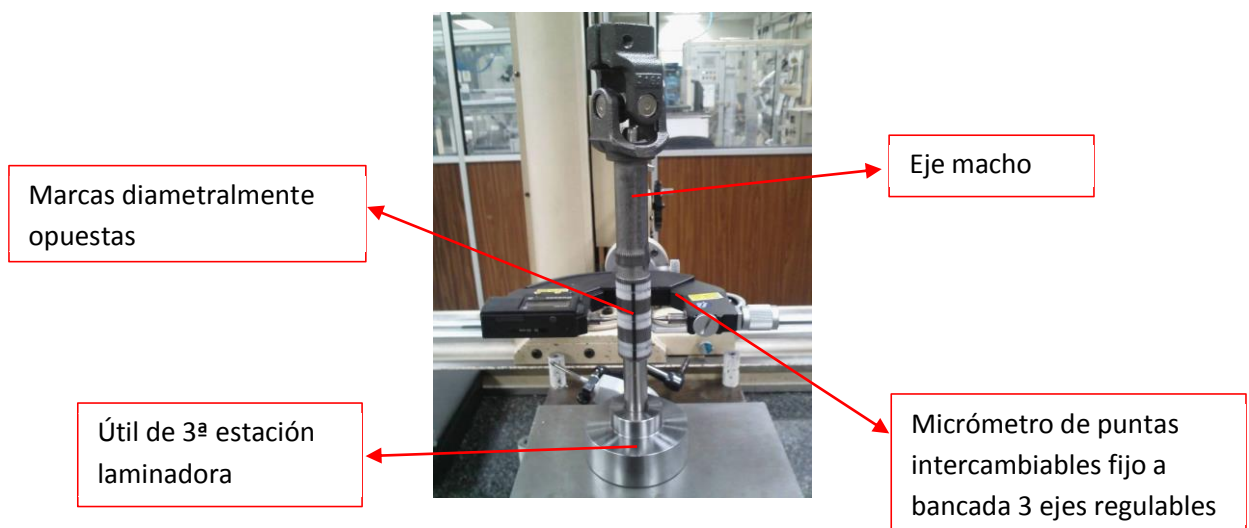
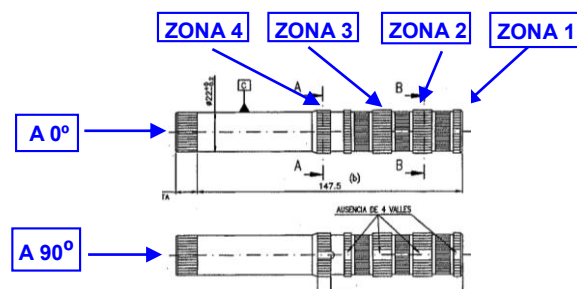


Figura 30. Medición diámetros eje macho

Antes de realizar cualquier medición lo primero que se hace es calibrar el aparato de medida. Se comprueba la horizontalidad y el ajuste de las de las puntas y se procede a la calibración a través de dos patrones: una galga de 25,000mm y un patrón dentado de 23,630mm. El instrumento de medida cuenta con certificado de calibración vigente y estudios de R&R históricos del instrumento (para detectar desgastes y cambiar puntas en caso necesario).

La variable que se mide es el diámetro metálico entre bolas (punta con esfera de 1mm). La especificación de esta cota viene en el plano de diseño del componente (el detalle del plano se encuentra la Figura 20).

El hecho de la ausencia de detección de anomalías tiene que ver con dos cuestiones: las zonas de medición y la definición de la especificación de la pauta de control. Por un lado, en el registro sólo se toman medidas en 4 de los 5 anillos de dentado metálico, minusvalorando los diámetros de la zona 4 del metal (una de las que más contribuye a aumentar el diámetro medio). Ver Figura 31 para aclaración sobre las zonas. Por otro lado, el registro toma en consideración para determinar si la pieza es conforme a la especificación el valor medio de los datos tomados.



					ZONA ACERO								
					DIAM 25,50±0,06 (25,44-25,56)								
					ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		
FECHA	MAQUINA	PROVEEDOR	TURNO	PIEZA	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	PROMEDIO

Figura 31. Zonas de medición y registro medición.

Debido al proceso de transformación del eje macho se hace imperativo medir los diámetros en todos los anillos. El motivo es que el proceso llamado falsamente laminado consiste en realidad en un conformado por deformación plástica mediante forjado, es decir, un proceso en el cual no hay arranque de material si no arrastre, el material fluye a lo largo del desarrollo longitudinal de manera discontinua debido a los cajeados del propio eje.

Este medio de control no se ha modificado en ningún momento de la vida del proyecto, ni siquiera cuando el eje macho pasó de transformarse por brochado a hacerlo por laminado.

Se puede inferir que el problema de la no detección ha sido un fallo de actualización de medio de control ante una modificación (sustancial) de proceso. Porque, aunque el cambio de proceso debió de garantizar los mismos resultados dimensionales, debido a las características diferentes de cada proceso (principalmente vida de herramientas) se debía haber actualizado el medio de control correspondiente.

Como consecuencia de este análisis se ha hecho patente la necesidad de un control basado en la medición de los diámetros en todos los anillos y la importancia de registrar además del valor medio de los diámetros (de todos ellos) el diámetro máximo y su zona de aparición. El motivo es extremadamente sencillo, la interferencia en una unión dentada se realiza en el valor máximo y no en un supuesto valor medio.

Si nos encontramos fuera de especificación en uno de los diámetros de cualquier anillo dentado habría que contrastar con la tendencia de fabricación en serie y en base a la dispersión con respecto a ese valor ser un indicio de que el proceso se encuentra fuera de control y utilizar dicha información para volver a la normalidad del proceso. Es decir, un control eficaz para mantener el proceso bajo control.

Necesidad: Anomalía en la uniformidad del desarrollo del eje macho.
 + ¿Por qué se produjo?

Para rastrear las causas que producen anomalías en el desarrollo del eje macho, es decir, óvalos y diámetros engordados, se ha llevado a cabo un proceso iterativo de búsqueda de causas generadoras. El proceso seguido se muestra en la Figura 32.

Con este análisis se pretende comprobar cómo afectan las distintas operaciones de proceso por las que pasa el eje macho sobre el diámetro metálico entre bolas. Del estado del eje macho en el puesto de inyección se tienen registros desde marzo 2013 motivado por estudios e rigidez, no obstante no se tienen registros de estados intermedios.

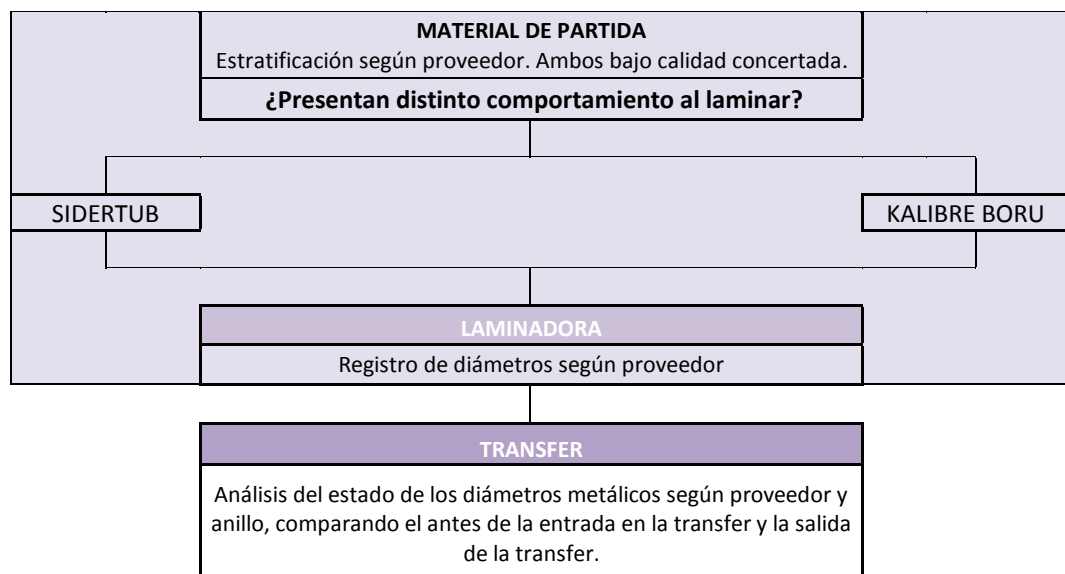


Figura 32. Proceso búsqueda causas eje macho.

4.1.2.1. Análisis laminación

Descripción proceso laminadora

En el puesto de laminación es donde se lleva a cabo la transformación física del eje macho, en la Figura 33 se ven las fases a las que se somete el desarrollo tubular torneado de partida.



Figura 33. Proceso laminadora

En la primera transformación (1ª fase laminadora) el eje se estira para adquirir la longitud adecuada. En la segunda transformación (3ª fase laminadora, la segunda sólo es de tránsito de material) se genera una huella de referencia para orientar el dentado del extremo del eje, dichos grados servirán para el montaje de la horquilla vaso en la transfer. Y, por último, en la última fase (4ª fase laminadora) se genera el dentado de los diámetros mayores del eje. En la Figura 34 se exponen fotos comparando las fases de transformación:



Figura 34. Comparación eje macho fases laminadora.

Nota: De izquierda a derecha 1ª fase, 3ª fase y 4ª fase

Es entonces, en la cuarta fase de la laminadora, en la que se genera el dentado que configura una de las geométricas de la unión estriada (la correspondiente al eje macho).

Análisis entradas al puesto laminadora

Puesto que los dos proveedores del material de partida se encuentran bajo calidad concertada se comprueban que son conformes las características de entrada a la máquina relativas al problema en estudio para ratificar la validez del material de partida y descartar las causas asignables. Se han analizado los siguientes aspectos:

- Longitud de partida para comprobar relevancia con longitud estirada del material. Control mediante mecanismo Poka-Yoke. Correcto funcionamiento del dispositivo asegurado mediante mediciones con Gramil en producto de distinto proveedor y lote. **Se descarta.**
- Diámetro interior del desarrollo del eje. Control por inserción en el utillaje de las almas de las distintas fases de la laminadora. No existe problema de entrada en utillaje desde hace unos años, personal técnico relacionado con el puesto asegura que el control es efectivo. Aun así se asegura mediante mediciones con pie de rey en producto de distinto proveedor y lote. **Se descarta.**
- Diámetro externo del desarrollo del eje. No existe control. Se realiza una inspección de dicha variable con pie de rey a 5 piezas de cada proveedor en dos lotes distintos. En total se analizan una muestra de tamaño 20, en la cual todas las piezas se encuentran dentro especificación. **Se descarta.**
- Correcto fosfatado. El material de partida debe llevar un recubrimiento de fosfato de cinc para prevenir la corrosión (evitar formación de óxidos durante su paso por la lavadora) mejorar la lubricación (correcto estirado durante la laminación) y para mejorar la adherencia de películas plásticas.

Tan sólo se ha detectado coloración diferente en un lote de fabricación, aunque hemos de indicar que no se ha realizado inspección diaria de los lotes en este atributo. El día 17/06/2015 sobre las 21:00 se laminó ejes machos de proveedor Kalibre Boru, la trazabilidad del material se identifica en la Figura 35 y la diferencia de coloración se aprecia en la Figura 36.



Figura 32. Albarán lote sospechoso



Figura 33 ¿Fosfatado ok?

En el mismo contenedor se encontró material con dos coloraciones. Se eligieron dos muestras de cada coloración al azar y se midieron longitudes totales de desarrollo con gramil siendo todas iguales de valor 153,847mm. Posteriormente se laminaron y se midieron los diámetros metálicos obtenidos.

Piezas		M1		M2		M3		M4		M5		Óvalos laminado					
		0	90	0	90	0	90	0	90	0	90	M1	M2	M3	M4	M5	
media	Claro1	545	516	518	501	518	513	539	522	553	550	29	17	5	17	3	
	Claro2	534	522	511	493	512	505	533	510	543	541	12	18	7	23	2	
	524	540	519	515	497	515	509	536	516	548	546	21	18	6	20	3	
	Oscuro1	530	530	514	511	515	518	531	527	544	547	0	3	-3	4	-3	
	Oscuro2	540	529	509	507	515	516	530	520	553	544	11	2	-1	10	9	
media	527	535	530	512	509	515	517	531	524	549	546	6	3	-2	7	3	
dif		5	-11	3	-12	0	-8	6	-8	-1	0						

Tabla 10. Fosfatado sospechoso

En valor promedio las piezas no presentan diámetros metálicos diferentes (Claros: 25,524mm; Oscuras: 25,527mm), no obstante si comparamos diámetros concretos como los obtenidos en el anillo 1 y 2 en la orientación a 90° observamos una diferencia mayor a 10 unidades. Si analizamos la ovalidad en la sección del eje macho encontramos que en los ejes más claros tenemos de promedio (valores promedios positivos menos valores promedios negativos) 13 unidades de variación mientras que en los ejes más oscuros tenemos en promedio 5 unidades de variación.

El fosfatado es por tanto un factor de relativa importancia, indicamos la relatividad porque la conclusión es sobre una muestra de 4 piezas, no obstante es innegable que el fosfatado repercute en la uniformidad del desarrollo del eje, siendo más uniforme cuanto más oscura sea su superficie, o lo que es lo mismo, cuando mayor capa de fosfato recubra su superficie. Esta **causa se incluye como posible** porque el tamaño de la muestra estudiada es muy pequeña y no se pueden extrapolar resultados.

Por lo tanto, la mayoría de las características relacionadas con el problema en estudio quedan ratificadas en el producto de entrada al puesto de laminación. Aquella característica no ratificada (fosfatado en Kalibre Boru) habría que ponerla en cuarentena y si se detectan más material en las mismas condiciones revisar la política de calidad de proveedores por ejemplo imponiendo revisiones periódicas de rasgos importantes. Debemos cerciorarnos de que el material de partida es conforme para que el resto del proceso esté bajo control.

Análisis salidas del puesto de la laminadora

Una vez descartado el material de partida como fuente de error (con la salvedad del fosfatado), se procede a analizar las salidas de la máquina en la especificación diámetro metálico entre bolas. El control sobre esta variable por el personal de producción se realiza con una plantilla ubicada en la línea.

Es necesario indicar a este respecto que se considera necesario cuestionar los medios de control, dado que en el análisis de la ausencia de detección se concluye que es éste una de las causas de fallo. Para analizar esta variable se decidió iniciar un registro con los valores en todos los anillos metálicos a la salida del puesto de laminación.

Del análisis se desprende que en los valores correspondientes al promedio del diámetro metálico entre bolas para una misma muestra no existe disparidad en los resultados; no sucede lo mismo con muestras comparadas en extracciones diferentes. Para entender estas tendencias se han cruzado dichos datos con el registro de cambio de utillaje en el puesto de la laminadora.

En general, los valores más bajos corresponden con un desgaste excesivo de la matriz de la 4 estación de la laminadora y, por ende, los mayores con una nueva matriz. Así, ejes machos con diámetros bajos se generan con matrices nuevas y ejes machos con diámetros altos se generan con matrices cercanas al final de su vida útil. No obstante, el desgaste de la matriz de la 4 estación no es el único aspecto que genera anomalías en los diámetros metálicos.

En un momento dado del estudio se vio que en la fabricación en serie se estaban generando diámetros metálicos inusualmente elevados (medias en torno a 25,600 mm), se creía que era la matriz de laminación y se cambió por otra nueva. El cambio de utillaje no eliminó el problema. Se midió la matriz de laminación a través del proyector del laboratorio (Figura 37) y comparando con la especificación que pedía el plano (Figura 38) dicha cota estaba dentro de tolerancia.

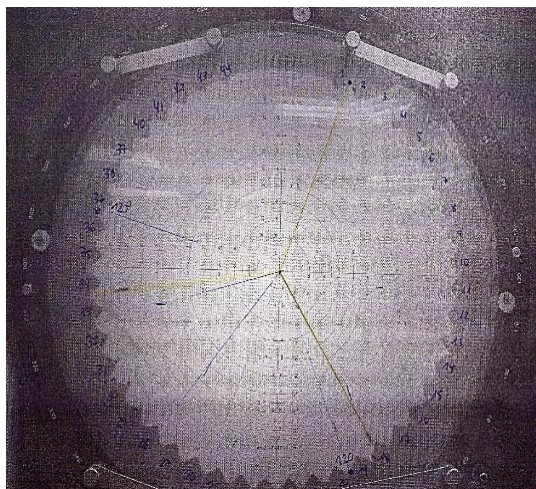


Figura 37. Matriz laminación sobre proyector

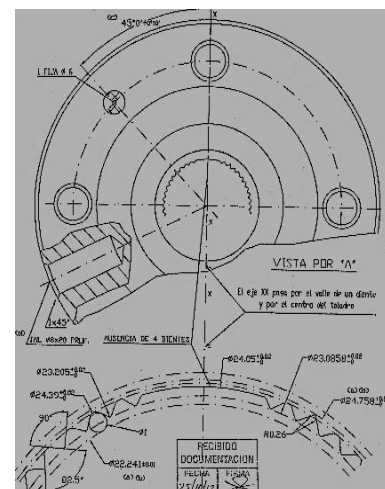


Figura 38. Planos matriz laminación

El problema se desencadenó por una tarea de mantenimiento. Se cambiaron las empaquetaduras de los cilindros hidráulicos de la cuarta estación y por algún motivo el sensor de final de carrera del movimiento de aproximación no enviaba señal, modificándose el tiempo de ciclo de esa fase al conformar el dentado a mayor velocidad de la adecuada generando diámetros con una gran variabilidad. Por este hecho, se cree importante reflejar además del cambio de utillajes el de cualquier tarea de mantenimiento que se realice en la máquina junto con una graduación de repercusión de dicho cambio en la fabricación.

Del estudio del registro de cambio de utillajes se han revelado otros aspectos significativos que se han querido destacar mediante la presentación de un gráfico. En la Figura 39 se representan los rechazos en partes por millón del puesto de laminación (todos, no sólo los relativos al problema analizado) y los cambios realizados en la máquina (línea discontinua negra).

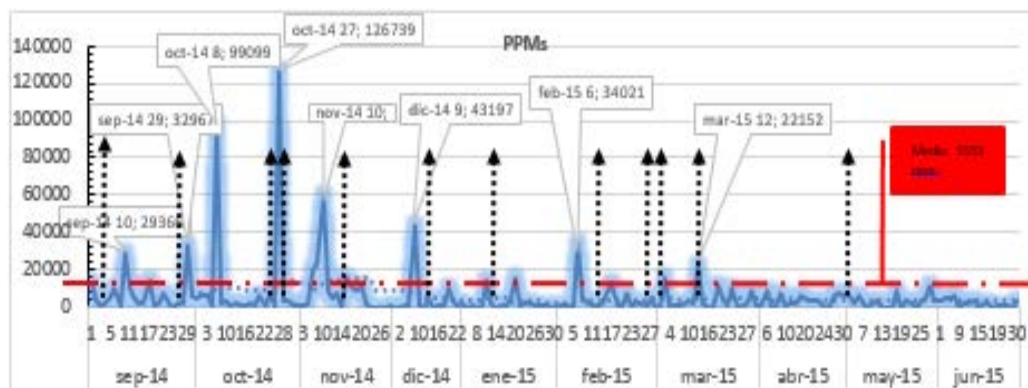


Figura 39. Evolución rechazo laminación vs cambio utillaje laminadora.

Basándose en dicho gráfico se pueden extraer dos conclusiones. Por un lado, a pesar de que se realizan cambios de utillaje para controlar el proceso no todos ellos son igual de efectivos. Se desvela como clave la formación del personal encargado de las puestas a punto de las máquinas, resulta imprescindible que el personal esté bien formado para que los cambios sean eficaces y el problema se resuelva. Por tanto, se debería completar el manual de las puestas a punto con los motivos de cambio.

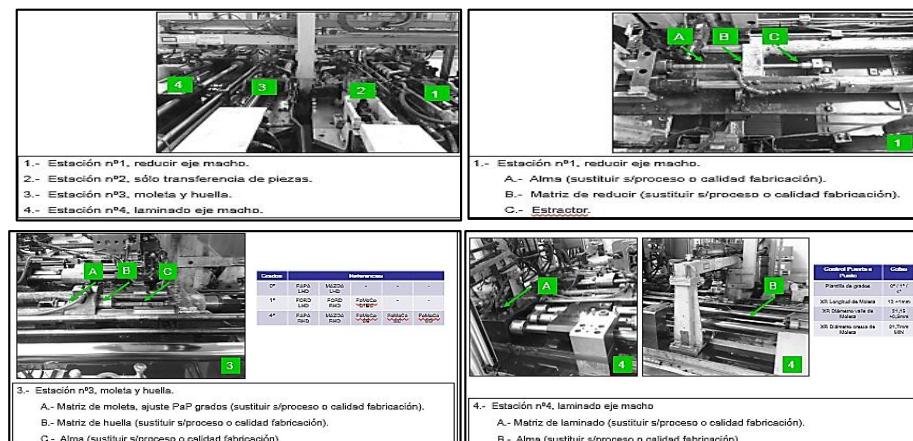


Figura 40. Manual puesta a punto actual laminadora

Y, por otro lado, debe haber un cambio de enfoque en el tratamiento que se le da a los registros. La función de un registro es documentar hechos importantes de un proceso para que una vez revisados y analizados sienten la base de un conocimiento en expansión. El problema recae en la función que tienen los registros, se utilizan como medio a través del cual dado un problema es posible buscar a la persona que generó el error. Metodología que va en contra de cualquier gestión moderna de recursos. Hay que cambiar el enfoque e involucrar al personal en las PaP (puestas a punto) para que el registro sirva para entender el estado de producción del puesto y servir de elemento de gestión de información del cambio de utillajes. Es un medio de control de la producción no de personal.

AFINIDAD	CAUSA	ESTADO
Material de partida	Longitud	Excluida
	Diámetro interior	Excluida
	Diámetro exterior	Excluida
	Fosfatado	Posible
Utillaje	Cambios laminadora (formación y registro)	Vital
Máquina	Tareas mantenimiento (formación y registro)	Vital

Tabla 11. Resumen de causas laminación.

4.1.2.2. Análisis clavado.

Descripción proceso transfer.

En la línea transfer se montan los ejes (machos y hembras) con las horquillas vaso. La posición de los ejes con respecto a las horquillas se realiza mediante un encoder (o chino como se le conoce en la línea). La unión entre el eje y la horquilla se genera por apriete a presión (inserción a 42,3 KN) y se asegura mediante un remachado (en torno a 71,5 KN).

En el puesto se verifica tanto el correcto remachado mediante una cámara de visión infrarroja que mide el diámetro de abocardado generado en el eje al remachar, como los parámetros de carga ejercidos sobre las piezas, rechazando de manera automática aquellas piezas que no cumplen la especificación.

Análisis entradas versus salidas del puesto

Para determinar cómo afecta el proceso de clavado (inserción y remachado) al diámetro metálico entre bolas se han tomado medidas del antes y del después para material de distinto proveedor y en días de fabricación diferentes.

La muestra implica a 26 piezas, 8 pertenecientes al proveedor Kalibre Boru, 10 pertenecientes al proveedor Sidertube y 8 de proveedor desconocido (en el desarrollo del estudio se desprendió la necesidad de registrar el proveedor de las piezas). Los datos de la comparativa se incluyen en el anexo 7.3.2 y los resultados del estudio se exponen a continuación.

Se puede afirmar en base a los datos obtenidos sobre el conjunto de la muestra, que el clavado aumenta en promedio 16,57 mm el diámetro metálico y dado que lo disminuye en promedio 4,97mm, en valor neto, se incrementa el diámetro metálico en alrededor de 12 unidades.

Si discriminamos los datos según proveedor obtenemos:

- En el proveedor Kalibre Boru aumenta en promedio 18,45 mm (disminuye en promedio 2,29 mm). En valor neto aumenta el diámetro entre bolas 16 unidades.
- En el proveedor Sidertube aumenta en promedio 20,57 mm (disminuye en promedio 6,75 mm). En valor neto aumenta el diámetro entre bolas 14 unidades.
- En proveedor sin identificar aumenta en promedio 10,67 mm (disminuye en promedio 5 mm). En valor neto aumenta el diámetro entre bolas 5 unidades.

Del análisis anterior podemos concluir que el proceso de clavado aumenta el diámetro metálico del eje macho en 12 unidades. Asimismo, se infiere que las discrepancias según proveedor no son muy significativas por lo que podemos afirmar que durante el proceso de clavado los materiales de distinto proveedor se comportan igual. En las piezas de proveedor no identificado se ha de indicar que los valores son anómalos ya que presentan mucha dispersión con respecto al resto (probablemente debido a alguna condición de funcionamiento de máquina anormal).

Si analizamos las variaciones que existen en cada anillo metálico del eje macho podemos extraer que las mayores diferencias tienen lugar en los anillos 1 y 4. Esto se explica por las tensiones que debe aguantar el eje al someterse a la inserción de la horquilla. Las secciones más resistentes son las que tienen más material, esto tiene lugar en anillos metálicos. Si se simplifica el proceso es como si se tratase de una barra bi-empotrada. El anillo 5 durante el estirado adquiere endurecimiento (distintas propiedades) al alinearse sus granos en dirección longitudinal, mientras que el resto de anillos permanecen con las mismas características hasta que se conforma el dentado (arrastre de material superficial). Luego los anillos situados en los extremos el anillo 4 y 1 absorben la deformación que genera la inserción.

Además de la comparativa se ha intentado encontrar la relación entre la carga sometida al eje y la deformación de los diámetros metálicos en los anillos. Se procedió de la misma manera que para el estudio anterior pero además se realizaron videos de los parámetros de la estación de clavado y remachado. Se han analizado los datos intentando encontrar correlación entre dichas variables, no obstante, no se ha podido extraer ninguna conclusión.

AFINIDAD	CAUSA	ESTADO
Material laminado	Longitud inicial	Excluida
	Diámetro exterior	Vital
Proceso	Deformación por tensiones en empotramiento	Vital

Tabla 12. Resumen de causas transfer

4.1.2.3. Análisis eje macho en punto de corte: inyección.

Desde la verificación en plantilla de laminación (calibres pasa/no pasa) hasta el puesto de inyección los diámetros del eje macho no se someten a control. Y es sólo en este último en el que se lleva a cabo una medición de dicha variable anotándola en registros. Por ello se le ha denominado a este lugar de la línea punto de corte en el control del eje macho.

Para finalizar el análisis del eje macho se va a analizar la capacidad de proceso en base a las mediciones del registro de diámetros metálicos que lleva a cabo los técnicos del laboratorio de calidad (en el punto de control: puesto inyectora). Se pretende determinar si el proceso, dada su variación, es capaz de producir piezas de acuerdo con las especificaciones, es decir, dentro de los límites de tolerancia establecidos.

El registro de ejes machos citado anteriormente se circunscribe en dos periodos. El primero desde mayo 2013 a marzo 2014, y el segundo desde enero 2015 hasta junio 2015. Se han incluido ambos para comparar los dos periodos.

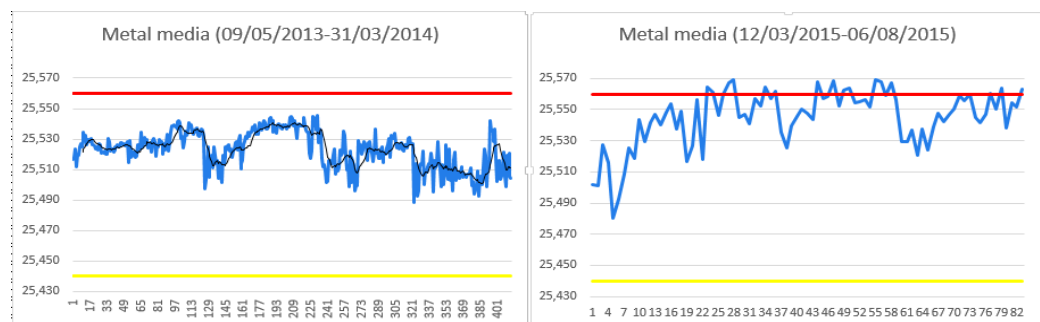


Figura 41. Evolución comparativa diámetros medios ejes machos

En la Figura 41 se pueden comparar ambos gráficos. A partir de la observación del mismo se puede afirmar que el proceso más reciente se encuentra más descontrolado. Para cuantificar la afirmación anterior vamos a analizar los dos periodos a través del índice de capacidad real (C_{pk}).

El índice C_{pk} se define de la siguiente manera (sólo distribuciones normales):

$$C_{pk} = \min\left[\frac{LST - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIT}{3\sigma}\right]$$

Y los criterios que definen la variabilidad del proceso se clasifican en:

$C_{pk} < 0$	La media se encuentra fuera de especificación
$0 \leq C_{pk} \leq 1$	El proceso produce piezas fuera de especificación.
$C_{pk} > 1$	El proceso produce piezas dentro de especificación.

Los resultados al analizar los dos periodos en base a su capacidad de proceso se exponen en la Tabla 13.

Análisis de capacidad (Diámetro metálico eje macho)							
Periodos	LST	LIT	μ	σ	Cpk (límites)		Cp
May. 2013- Mar. 2014	25,560	25,440	25,523	0,012	1,02042	2,29028	1,02042
Ene. 2015- Jun. 2015	25,560	25,440	25,545	0,019	0,27210	1,88800	0,27210

Tabla 13. Capacidad de proceso diámetro medio según periodo.

Como se había afirmado anteriormente basando el razonamiento en la simple inspección visual del gráfico, en el primer periodo el proceso es más capaz que el segundo. En el primer periodo la habilidad del proceso es ligeramente superior a la unidad lo que significa que la variabilidad está controlada (a pesar de existir diferencias en los datos). Sin embargo, en el segundo periodo se estarían produciendo piezas fuera de especificación y se deberían tomar medidas de mejora.

4.1.3. Conclusiones sobre la falta de uniformidad en el eje macho.

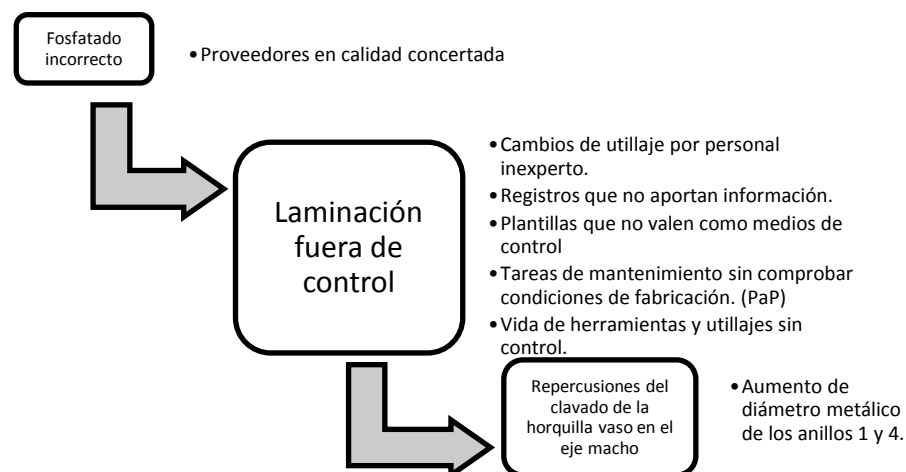


Figura 42. Conclusiones eje macho.

4.2. Sección transversal del polímero inyectado en los cajeados del eje macho.

Aunque en la mayoría de las juntas analizadas en el experimento (salvo junta 9) una incorrecta inyección no haya resultado vital en el problema analizado, se han dado los suficientes indicios (análisis del estado actual) para creer que es posible hacer progresar el nivel conocido, es decir, que es posible optimizar el proceso de inyección.

Para ello, en primer lugar se va a describir la unión centrándonos en la importancia de la existencia de un elemento de composición plástica, en segundo lugar se van a estudiar una serie de mediciones para identificar los problemas en el perfil de inyección, y por último, se va a profundizar en la relación que existe entre el perfil de inyección en cada anillo y la carga de deslizamiento que se genera en la junta.

4.2.1. Importancia de la inyección.

La importancia de la inyección de material plástico que tiene lugar en el interior de los cajeados del eje macho es su utilidad, ya que se utiliza actualmente como principal punto de control correctivo de la fabricación en serie de la línea. Se puntualiza que se trata del uso actual puesto que lo ideal, objetivo de este trabajo, es que de control correctivo pase a ser paliativo y con frecuencia eventual al mantener bajo control el resto de factores que influyen en la unión.

Dado que sobre el material en curso, tanto ejes machos como ejes hembras, no es posible actuar para modificarlos (ya han sido manufacturados), la inyección permite adecuar la holgura existente en la unión estriada. El objetivo es el de reducir la holgura para obtener simultáneamente una gran transmisión de par (robustez de la unión) y un desplazamiento axial (capacidad de colapso). Además, el uso de un material plástico permite aumentar la durabilidad del conjunto mecánico al absorber el rozamiento que genera la transmisión de la carga sin deformar la unión. Recordemos que una de las especificaciones del producto fabricado es su vida en condiciones de funcionamiento, que debe ser superior a toda la vida del vehículo.

El apriete se consigue mediante ajuste a presión entre dos geometrías: del perfil del material plástico nervado situado en el cajeadado del eje macho con el perfil de cubo nervado situado en el eje hembra. En la Figura 43 se puede observar un ejemplo de la geometría de este tipo de uniones.

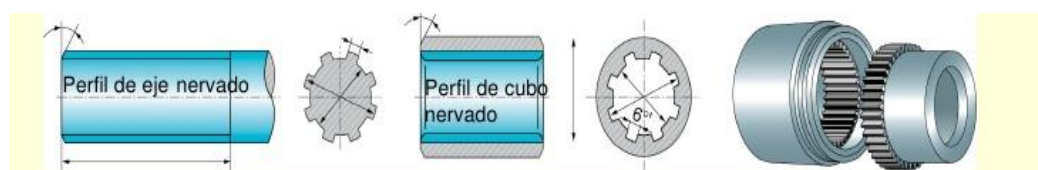


Figura 43. Ejemplo de unión por ejes nervados

Los problemas en la unión estriada se desencadenan o bien por problemas de holgura (juego por exceso o por defecto) entre el plástico y el eje hembra, o bien por un desarrollo no uniforme entre el cubo y el eje nervado ocasionando interferencia metal (eje macho)-metal (eje hembra). Éste último aspecto ha sido analizado parcialmente en el punto anterior, se completará con el siguiente apartado en el análisis del eje hembra.

De lo anterior, se desprende la importancia de analizar la holgura existente en la unión. A continuación se van a describir una serie de artificios que se han ideado bajo la necesidad de poder conocer la holgura que existe en las juntas.

4.2.2. Holgura entre componentes.

Se van a examinar las holguras en la unión estriada, es decir, la diferencia de dimensiones entre el eje macho, el eje hembra y la inyección de plástico. Para ello, se van a realizar una serie de artificios matemáticos con el fin de cambiar de referencia las cotas de ejes machos y hembras para que puedan ser comparables.

Se parte de un diámetro entre bolas para finalizar comparando en un diámetro común. En el caso del diámetro de la hembra el artificio consiste en sumar 2 milímetros a la medida obtenida con la pistola Holematic y, en el caso del eje macho (tanto metal como plástico) se restan 2 milímetros.

Una vez que hemos referenciado la cota a un mismo punto podemos identificar la holgura entre los componentes y dado que la interferencia se produce en el punto máximo se ha escogido éste tanto en el diámetro metálico del eje macho como en el diámetro inyectado.

PIEZA	DIAMETRO HEMBRA	ARTIFICIO	DIAMETRO MACHO MAX	ARTIFICIO	DIAMETRO PLASTICO MAX	ARTIFICIO	HOLGURA HEMBRA CON PLASTICO	¿ROZA?	HOLGURA HEMBRA CON MACHO	¿ROZA?
1	22,458	24,458	25,557	23,557	25,597	23,597	0,861	SI	0,901	It
2	22,475	24,475	25,535	23,535	25,621	23,621	0,854	NO	0,940	No
3	22,474	24,474	25,530	23,530	25,612	23,612	0,862	SI	0,944	No
4	22,470	24,470	25,541	23,541	25,625	23,625	0,845	SI	0,929	It
5	22,477	24,477	25,588	23,588	25,624	23,624	0,853	SI	0,889	SI
6	22,453	24,453	25,564	23,564	25,621	23,621	0,832	SI	0,889	It
7	22,453	24,453	25,571	23,571	25,626	23,626	0,827	SI	0,882	It
8	22,475	24,475	25,540	23,540	25,620	23,620	0,855	NO	0,935	No
9	22,473	24,473	25,575	23,575	25,624	23,624	0,849	SI	0,898	SI
10	22,468	24,468	25,575	23,575	25,604	23,604	0,864	NO	0,893	It
11	22,454	24,454	25,594	23,594	25,583	23,583	0,871	SI	0,860	No

Sobre especificación	2+	2-	2-
----------------------	----	----	----

Tabla 14. Artificio holguras

El siguiente paso ha sido organizar las holguras en clases según componentes de interferencia y tipo de fricción al deslizamiento. Es necesario hacer esta serie de aproximaciones puesto que no es factible, es decir, no se tiene los suficientes recursos: tecnología y tiempo, para medir el diámetro a lo largo de toda la longitud en cada uno de los 48 dientes del eje hembra ni medir los diámetros metálicos y plásticos a lo largo de toda la longitud del eje macho.

Así pues, se han aproximado a los siguientes valores, que en todos los casos estudiados responden de acuerdo al análisis:

HOLGURA HEMBRA CON PLASTICO				HOLGURA HEMBRA CON MACHO			
NO ROZA	0,854	0,858	MIN 0,85	NO ROZA	0,940	0,920	MIN 0,86
	0,855		MAX 0,86		0,944		MAX 0,94
	0,864				0,935		
SI ROZA	0,861	0,850	MIN 0,83		0,860		
	0,862		MAX 0,87	REGULAR	0,901	0,899	MIN 0,88
	0,845				0,929		MAX 0,93
	0,853				0,889		
	0,832				0,882		
	0,827			SI ROZA	0,893	0,894	
	0,849				0,889		MIN 0,89
	0,871				0,898		MAX 0,90

HOLGURA HEMBRA CON PLASTICO			HOLGURA HEMBRA CON MACHO			
TRILLADOS	OK	0,864	TRILLADOS	OK	0,940	[0,920-1,033]
	NOK	0,838		R	0,908	[0,893-0,908]
		0,849 0,83		NOK	0,894	Menor que 0,893
					0,889 0,898	

Tabla 15. Holguras estimadas

4.2.3. Análisis de dispersión sobre el perfil de inyección.

Durante la realización de las prácticas en la empresa se me pidió que realizase mediciones sobre los diámetros plásticos en distintos días de fabricación. Las mediciones más numerosas tuvieron lugar en el mes de abril, periodo en el que hubo una crisis de rechazos por incorrecta rigidez total frente a esfuerzos a torsión.

El análisis de dispersión sobre el perfil de inyección se va a basar en los datos obtenidos en aquel periodo. No obstante, más allá del análisis de datos que se hará a continuación, el hecho que se pretende destacar es la motivación que guio la realización de los estudios. Se pretendía demostrar que los diámetros de inyección estaban en cotas máximas para descartar la unión estriada como problema de influencia en la rigidez de la junta. Se confirmó que se encontraban en cotas máximas y se descartaron problemas de rigidez referidas al estado de la unión estriada. En suma, se minusvaloró el carácter multifactorial de la unión (error en hipótesis de partida) y se extrajeron conclusiones erróneas.

Se recuperan aquellas mediciones desde un paradigma multifactorial para intentar extrapolar las tendencias y las dispersiones de las medidas sobre el diámetro plástico entre bolas.

En el primer estudio se midieron los diámetros plásticos en 6 ejes machos inyectados consecutivamente, en el segundo la muestra fue mayor 10 ejes machos pero además se tomó en consideración otra variable a parte del diámetro plástico: la carga de deslizamiento, y por último, en el tercero se realizó el estudio de la muestra de mayor tamaño con la medición de los diámetros plásticos de 25 ejes machos inyectados consecutivamente. Estos aspectos vienen recogidos de manera esquemática en la Tabla 16.

FECHA	PETICIÓN	Nº PIEZAS	ASPECTO DEL ESTUDIO	PLÁSTICO TOTAL		PLÁSTICO SEGÚN ANILLO						
				Media T	Desviación T	Media A	Media B	Media C	Orientación	Desviación A	Desviación B	Desviación C
06/04/2015	J.Rubio	6	Plástico	599	9	591	602	605	0	5,8	3,9	5,8
									90	8,2	7,1	6,1
08/04/2015	F.Moralo	10	Plástico+Carga deslizamiento	598	12	588	598	607	0	6,1	6,5	4,7
									90	7,2	12,1	9,3
23/04/2015	F.Moralo	25	Plástico	594	13	581	597	603	0	8,6	7,8	5,2
									90	7,2	9,1	8,9

Tabla 16. Resumen estudios inyección.

Las muestras de los días 6 y 8 devuelven unos resultados muy similares en diámetro medio, diámetro medio por anillo y desviaciones típicas. La muestra del día 25 es la que mayor dispersión presenta. Fijándonos en las dispersiones de los diámetros según orientación (Tabla 16 y Figura 44) podemos afirmar que en los tres estudios son marcadamente mayores en la orientación a 90.

Se pueden derivar dos motivos causantes de estos óvalos: existencia de deformaciones en el eje macho y/o una excesiva contracción diferencial provocada por una incorrecta inyección. Dado que la deformación en el eje macho ya ha sido estudiada se van a analizar las causas de anomalías en el proceso de inyección relacionadas con la contracción diferencial.

Se ha de indicar en este punto que los parámetros de inyección que aparecen en la hoja de proceso del puesto de la inyectora son meramente orientativos según se especifica en el propio documento. Además, me consta que no existe personal técnico que sepa diseñar y/o optimizar las inyectoras. De esto, se desvela otra de las causas vitales del fenómeno en estudio, la falta de formación en procesos relacionados con la inyección.

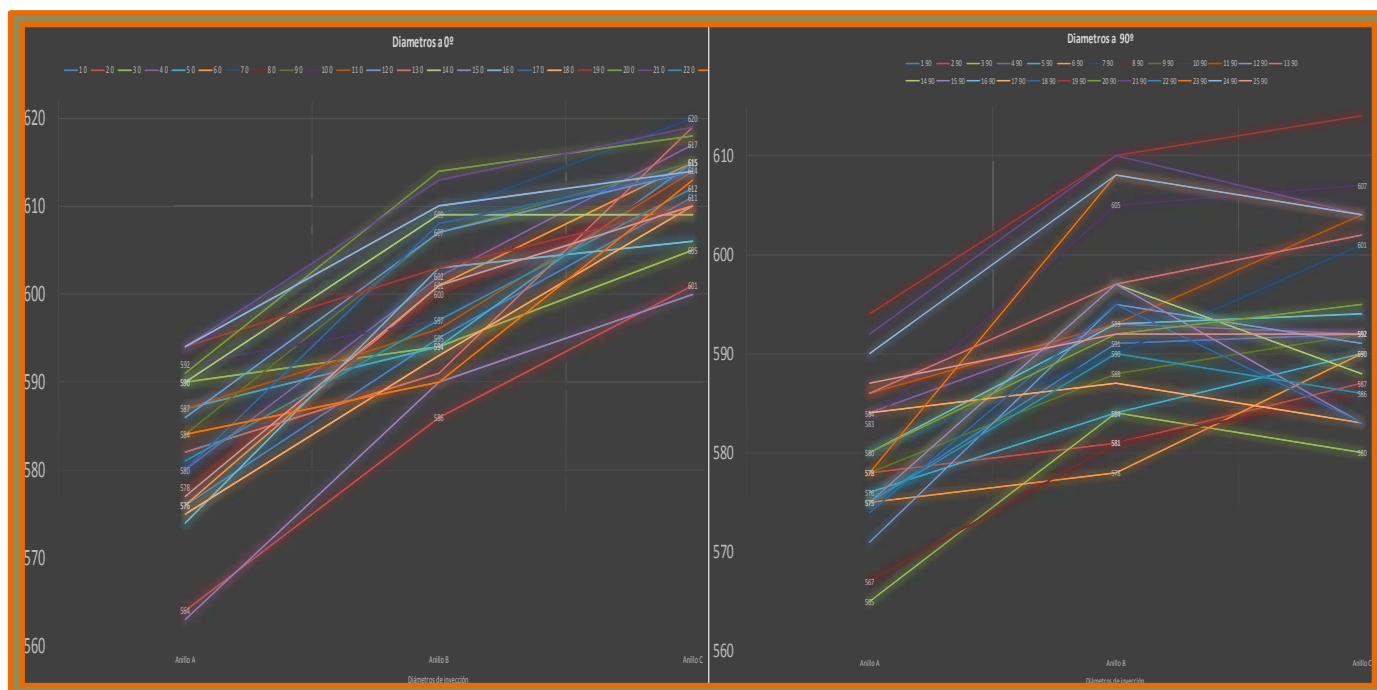
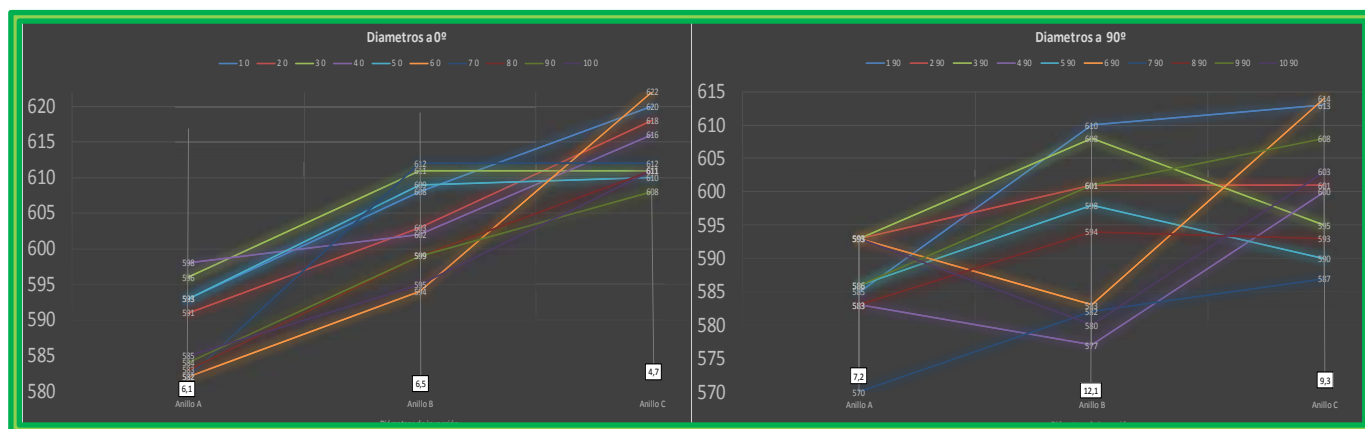
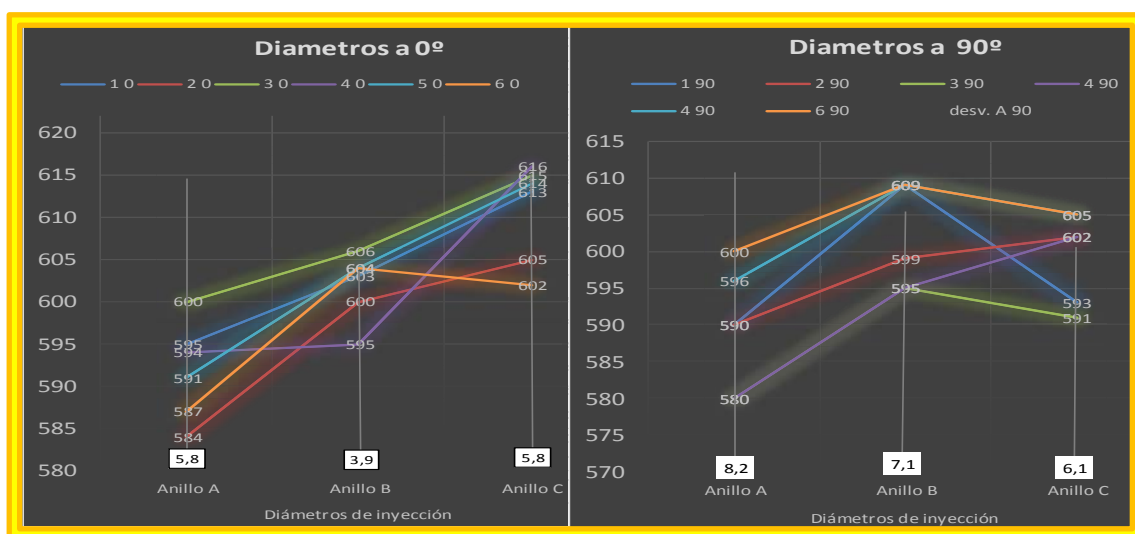


Figura 44. Díametros a 0 y a 90 para cada uno de los estudios analizados.

Nota: Enmarcado en amarillo el primer estudio, en verde el segundo y en naranja el tercero.

El plástico que se utiliza es Hostaform C-0921, se trata de un POM (Polioximetileno) del tipo copolimérico. Los POM o acetales son materiales conocidos en la industria como polímeros técnicos por su facilidad de transformación y sus características técnicas.

En nuestro estudio, la característica que más nos interesa es la capacidad de contracción del material. Esta nos indica la diferencia de tamaño entre el molde y la pieza moldeada fría. Las contracciones más importantes las experimentan los polímeros cristalinos, como es el caso que nos ocupa. Según hoja de propiedades (Tabla 17) el polímetro experimenta una contracción en dirección paralela de un 2% y en dirección normal de un 1,8%.

Physical properties	Value	Unit	Test Standard
Density	1410	kg/m ³	ISO 1183
Melt volume rate (MVR)	8	cm ³ /10min	ISO 1133
MVR test temperature	190	°C	ISO 1133
MVR test load	2.16	kg	ISO 1133
Mold shrinkage - parallel	2	%	ISO 294-4
Mold shrinkage - normal	1.8	%	ISO 294-4
Water absorption (23°C-sat)	0.65	%	ISO 62
Humidity absorption (23°C/50%RH)	0.2	%	ISO 62

Tabla 17. Propiedades polímero inyección.

La elección de un polímero cristalino para esta aplicación se relaciona con la necesidad de tener una alta precisión dimensional y una resistencia elevada a la fricción y al desgaste. Aunque la contracción es inevitable en cualquier material, al ser ésta tan acusada es imperativo ser capaces de predecirla completamente. Para ello se va a describir el proceso que lo genera y las causas que lo determinan. Así, seremos capaces de reducir la distorsión en la pieza y en caso necesario actuar para reducirla.

La contracción diferencial surge por el cambio de densidad que sufre el polímero al solidificar. El grado de contracción viene determinado por la orientación de las cadenas poliméricas. Durante la inyección de la pieza ocurre orientación (las cadenas del polímero se alinean en la dirección del flujo), cuando el flujo cesa, estas cadenas tenderán a regresar a su forma “ovillada” normal. Al hacerlo, la pieza moldeada se reducirá en longitud en esa misma dirección, mientras que en dirección perpendicular a la línea de flujo será mucho menor.

La orientación de las cadenas poliméricas es un factor indeseable en el proceso de inyección, al contrario de procesos como la extrusión, y ocasiona alabeamiento o distorsión en las piezas inyectadas. Si se reduce la orientación se reducirá la contracción diferencial y en consecuencia el alabeamiento. El alabeamiento no sólo altera las dimensiones, sino también el contorno y los ángulos de la pieza moldeada.

En la Figura 45 se observa el efecto que tienen algunas de las variables de proceso sobre la contracción de piezas moldeadas por inyección. Para explicar las variables del gráfico se va a tener en cuenta el ciclo de inyección (Figura 46).

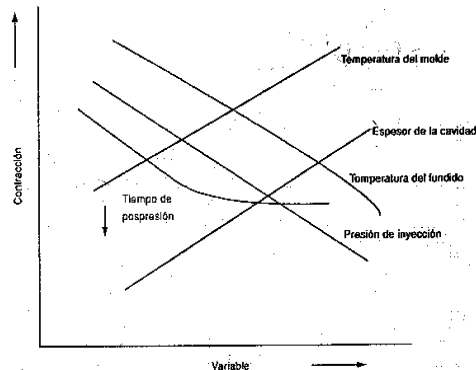


Figura 45. Variables importantes inyección

Nota Fuente: Blanco Álvarez F. Apuntes de Moldeo por inyección. Disponibles en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Polimeros.Lecccion11.Moldeoinyeccion.2013.pdf>

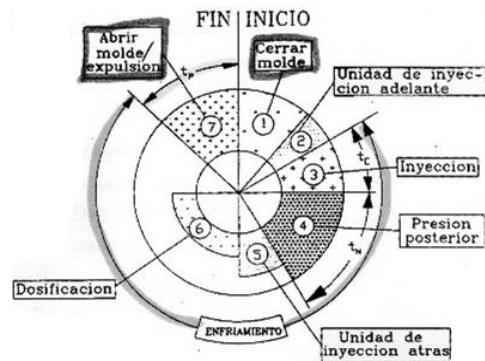


Figura 46. Ciclo de inyección

Nota Fuente: Autor desconocido. Conformación por moldeo II. Materiales plásticos. Apuntes de clase de Tec. de Fabricación y Tec. de Máquinas. Universidad Carlos III de Madrid.

Con carácter general se puede afirmar que al aumentar el empaquetamiento (compresión) se reduce la contracción que el material experimenta. Por ello, las variables que más repercuten en la estabilidad dimensional de las piezas inyectadas son:

- **El tiempo de post-presión.** Durante la post-presión a medida que se va enfriando la pieza se introduce más material en la cavidad, de tal modo que el empaquetado del material introducido compensa la reducción en volumen que tiene lugar durante contracción térmica. Cuanto más largo sea el tiempo de post-presión más cantidad puede ser compactada, y por tanto, la pieza se contraerá menos.
- **La temperatura del fundido.** Con esta variable se producen dos efectos contrapuestos: a mayor temperatura del fundido mayor contracción y a mayor temperatura del fundido menor viscosidad (mayor transmisión de presión a la cavidad y por tanto mayor empaquetamiento) con lo que se consigue menor contracción. Dado que predomina el segundo efecto sobre el primero a altas temperaturas es un aspecto a tener en cuenta en el proceso.
- **Espesor de la cavidad y temperaturas del molde.** Espesores de cavidad o temperaturas del molde no uniformes provocan diferencias en las condiciones de enfriamiento, diferentes densidades y orientaciones. Esto genera tensiones internas provocando contracciones no homogéneas.

En la Figura 47 se muestra la hoja de proceso en donde se especifican los parámetros de inyección:

CSA HOJA DE PROCESO		SI TIENE DUDAS, PREGUNTE		MÁQUINA:		Desarrollado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
MADRID		Operación: PRECALENTAR EJE MACHO E INYECTAR CÁPSULAS		Componente: Subconjunto macho inyectado		E-1885+E-1832/E-1883+1798		Firma: F. Mena		F. Mena	
Proyecto: 6 PACK / B562		H		E-1798 / E-1832		3 ANILLOS Hostaform C-9021		Fecha creada: 01/09/2008		HOJA 2/2	
<p>DOSIFICAR</p> <p>V903= 17±3m/min P403= 60±20bar V403= 10±5ccm</p> <p>DESCOMPRESION</p> <p>Q412= 20±3ccm/s V412= 2.5±0.5ccm</p> <p>INYECCION</p> <p>ETAPA 1 Q304= 25 ± 5ccm/s P304= 1100±100 bar V304= 4.5±0.5ccm</p> <p>ETAPA 2 Q305= 20 ± 5ccm/s P305= 1000±100 bar V305= 3.5±0.5ccm</p> <p>POST-PRESION</p> <p>Q311= 30±5ccm/s T311= 1s P311= 900±100bar T312= 0.5s P312= 800±100bar T313= 0.3s P313= 400±50 bar T314= 0s P314= 150±50bar T300= 1.9s</p> <p>TEMP. MOLDE Y RESISTENCIAS</p> <p>T831= 200±10° T832= 200±10° T833= 200±10° T834= 220±20° T835= 220±20° (OPCIONAL) T836= 220±20°</p> <p>TEMP. CILINDRO</p> <p>T801= 185±10° T802= 205±10° T803= 215±10° T804= 225±10°</p> <p>CALENTADOR PIEZA= 80 10°</p> <p>NOTA: NO DEJAR PIEZAS INYECTADAS EN LA CAVIDAD DEL MOLDE TRAS LA EXPULSION DEL MACHO.</p> <p>NOTA: REALIZAR SOPLADO DE LA CAVIDAD CON UNA FRECUENCIA MAYOR O IGUAL A: "1 SOPLADO/15 INYECTADAS"</p> <p>NOTA: AJUSTAR LA DOSIFICACION (V403) AL VALOR MAS ALTO QUE PERMITAN LAS PIEZAS, DENTRO DE SU TOLERANCIA.</p> <p>ASPECTO DE LA INYECCION: SIN FALTAS DE LLENADO, NI RECHUPES, NI FLECOS.</p> 											

Figura 47. Hoja de proceso inyectora con parámetros orientativos

Es necesario incluir información importante sobre las variables que se especifican para poder modificar los parámetros y que la actuación sobre la máquina genere un control real de la producción. Por ello creo importante actualizar la hoja de proceso con lo siguiente:

- En el apartado de temperaturas del molde y de las resistencias: Correspondencia entre las temperaturas de las resistencias y el anillo de inyección que controlan. Además de una nota que indique que cuanto más homogéneas sean las temperaturas por anillo menor contracción diferencial se generará en la pieza. Esta información, además de permitirnos modificar parámetros con precisión, nos permite identificar problemas relacionados con el funcionamiento de una resistencia en particular y facilitar las tareas en las averías a mantenimiento.

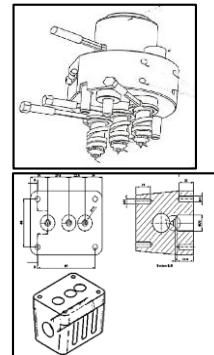


Figura 48. Cámara de caldeo y molde.

- Nota acerca del parámetro descompresión: la descompresión controla el venteo de volátiles, por lo que si la pieza presenta quemaduras o dimensiones escasas purgar cilindro calefactor disminuyendo la velocidad de la zona de descompresión (V403).
- Nota acerca variables de post-presión (Q311, P311), aumentar estos parámetros si se quiere mayor compactación del material para evitar distorsión en la pieza diámetros a 0 y 90 muy diferentes.
- Nota acerca de la inyección: La inyección se divide en dos secciones, la primera está dominada por la velocidad del proceso (llenar molde) y la segunda está dominada por la presión (empacar).

4.2.4. Relación inyección-carga de deslizamiento.

En el segundo estudio que se indica en la Tabla 16 además de los diámetros de inyección se midió también la carga de deslizamiento. Se encargó recoger 10 ejes machos inyectados consecutivamente, medir el diámetro de plástico entre bolas y para un mismo eje hembra (22,464mm) verificar la carga de deslizamiento máxima y mínima obtenida.

Se deben hacer unas aclaraciones con respecto a la recolección de las piezas de la muestra. En primer lugar que los aparatos de medida estaban calibrados (pistola Holematic con patrón dentado; banco de carga con patrones; micrómetro de puntas con patrón dentado y galga). En segundo lugar se ha de indicar que se tiene en cuenta el orden secuencial tanto para la identificación de los ejes según salen de la inyectora como para la verificación de la carga en el banco de rigidez. Y, en último lugar, se debe tener en cuenta que el eje hembra se engrasa sólo una vez.

Si se quieren consultar los datos de las mediciones se encuentran en las Tablas 18 y 19. Se han realizado gráficos de los datos para identificar tendencias más claramente.

En la Figura 49 se representan los diámetros de inyección según anillo y orientación para cada junta. Para las series con tendencia lineal se ha incluido además su ecuación de la recta y su coeficiente de correlación (cuanto más cercano a 1 mejor el modelo se ajusta a una regresión del tipo lineal). Como puede observarse, sólo en la junta 9 los diámetros plásticos en ambas orientaciones pueden ajustarse a un modelo de regresión lineal con un coeficiente de correlación mayor a 0.97 en ambos casos. Es la junta que presenta unos diámetros plásticos más semejantes por anillo, la pendiente de la curva es de 12 unidades.

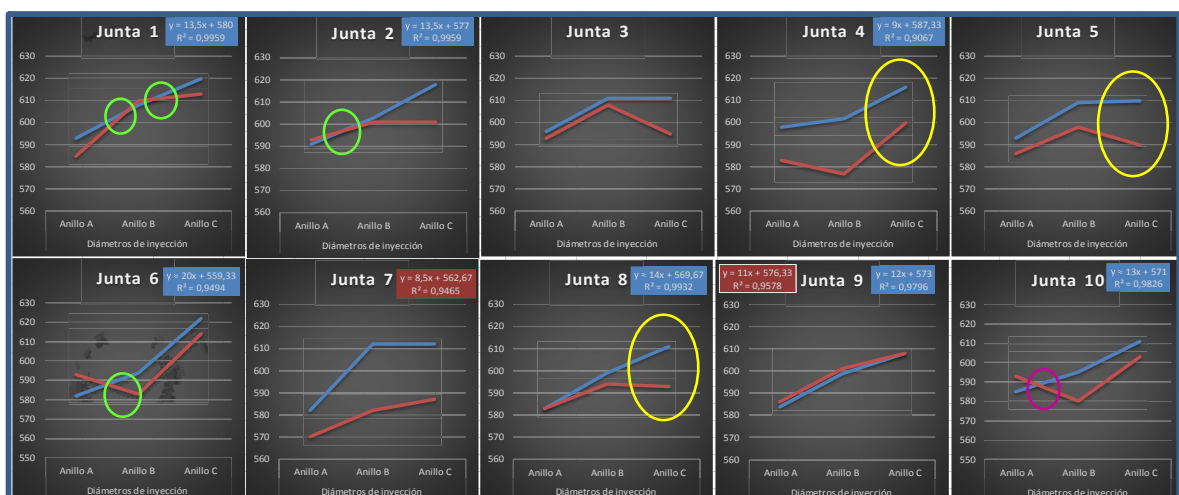


Figura 49. Tendencias diámetros plásticos estudio 08/04/2015

A continuación se describen los gráficos de la Figura 50. En el gráfico situado a la izquierda se representan los valores de la carga de deslizamiento para cada junta, indicando además el valor medio de carga mediante una serie de puntos. Se puede observar que la junta 6 presenta el valor máximo tanto por carga media como por carga máxima; en oposición a las juntas 8 y 5 que presentan los valores más bajos. En el gráfico situado a la derecha se representan los diámetros medios por anillos (A, B y C) además del valor medio de diámetros en cada junta mediante una serie de puntos. Se indican además mediante etiquetas de datos para cada anillo los valores máximos y mínimos. El máximo de entre los valores promediados se encuentra en la junta 1 con un diámetro medio en todos los anillos de 25,605mm. El mínimo se encuentra en la junta 7.

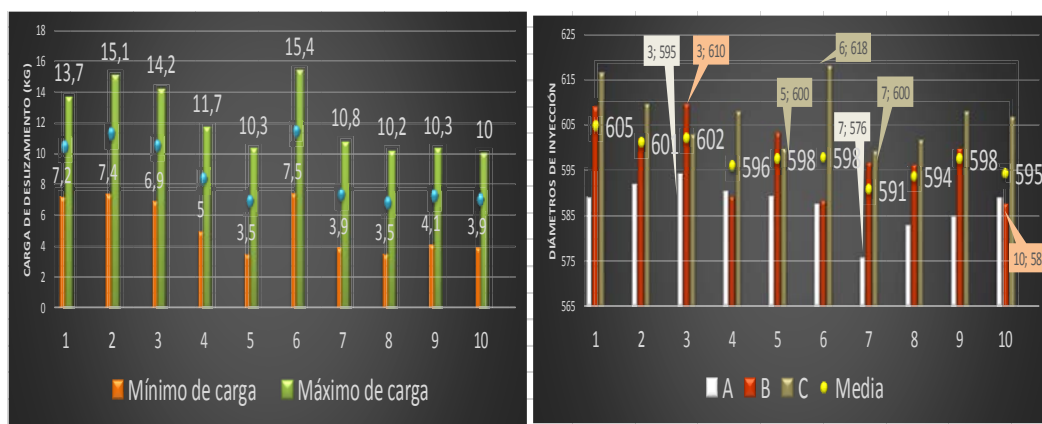


Figura 50. Carga de deslizamiento y diámetros estudio 08/04/2015

Del análisis de los gráficos presentes en las figuras anteriores se podrían hacer muchas afirmaciones particulares pero ninguna asertación general. Tal y como se viene desprendiendo del trabajo fin de grado, la carga de deslizamiento es un fenómeno multifactorial; no se pueden extraer conclusiones del estudio de dos factores.

Por ejemplo, si realizamos la siguiente afirmación estaríamos incurriendo en una falacia: “Cuanto mayor sea el diámetro promedio en el tercer anillo mayor carga de deslizamiento se conseguirá”. Esto no es un axioma, sólo es una afirmación verdadera para la junta designada con el número 6.

A posteriori del estudio y una vez entendida la complejidad del fenómeno se midió la otra variable que faltaba: el diámetro metálico entre bolas del eje macho. Con esta información adicional se pueden extraer una serie de conclusiones que expondré a continuación con la ayuda de unos gráficos realizados en base a estas mediciones complementarias.

Los datos obtenidos a través de las diversas mediciones son las siguientes:

	M1		P1		M2		P2		M3		P3		M4		M5		Carga de deslizamiento		
	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	Carga mínima	Carga máxima	
1	539	546	593	585	517	512	608	610	520	506	620	613	542	535	554	545	7,2	13,7	1
2	543	538	591	593	515	523	603	601	526	519	618	601	543	542	564	552	7,4	15,1	2
3	549	530	596	593	521	525	611	608	525	524	611	595	545	562	560	553	6,9	14,2	3
4	570	547	598	583	535	521	602	577	537	513	616	600	551	527	560	544	5	11,7	4
5	544	534	593	586	529	523	609	598	527	525	610	590	553	534	563	544	3,5	10,3	5
6	545	539	582	593	522	521	594	583	521	508	622	614	540	533	553	546	7,5	15,4	6
7	544	543	582	570	531	536	612	582	525	533	612	587	545	541	570	552	3,9	10,8	7
8	540	522	583	583	508	499	599	594	513	497	611	593	536	529	550	535	3,5	10,2	8
9	544	528	584	586	509	522	599	601	519	521	608	608	558	536	556	547	4,1	10,3	9
10	523	527	585	593	513	507	595	580	515	515	611	603	530	530	547	542	3,9	10	10

Tabla 18. Diámetros metálicos y plásticos estudio 08/04/2015

	m1	p1	m2	p2	m3	p3	m4	m5		Metal	Plástico
1	543	589	515	609	513	617	539	550		532	604,8
2	541	592	519	602	523	610	543	558		537	601,2
3	540	595	523	610	525	603	554	557		539	602,3
4	559	591	528	590	525	608	539	552		541	596
5	539	590	526	604	526	600	544	554		538	597,7
6	542	588	522	589	515	618	537	550		533	598
7	544	576	534	597	529	600	543	561		542	590,8
8	531	583	504	597	505	602	533	543		523	593,8
9	536	585	516	600	520	608	547	552		534	597,7
10	525	589	510	588	515	607	530	545		525	594,5

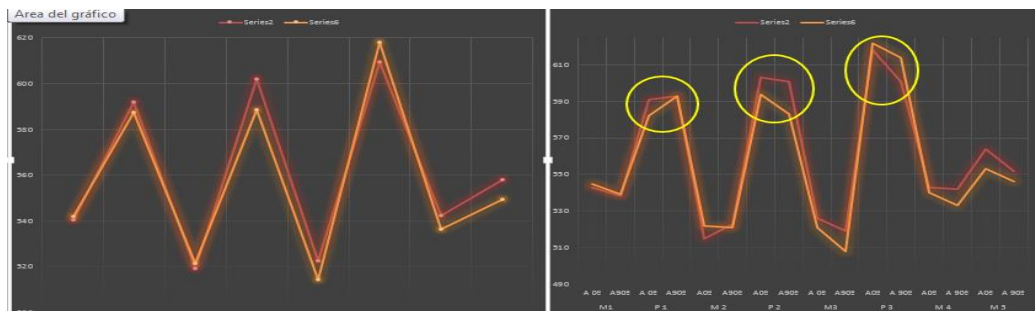
Tabla 19. Diámetros medios por anillo estudio 08/04/2015

Con el fin de que el análisis fuese más sencillo las juntas universales se han dividido según su carga de deslizamiento en juntas altas de carga (1, 2,3 y 6) y bajas de carga (5,7, 8,9 y 10). La junta número 4 no se ha catalogado en ningún grupo puesto que no presenta similitudes cuantitativas con ninguno de los grupos. Debido a que en algunos casos la representación gráfica de las series tapaba datos y se dificultaba su análisis se ha vuelto a dividir según similitud de cargas máximas o mínimas dentro del mismo grupo.

En los gráficos que se van a representar la parte de la izquierda corresponde al diámetro medio plástico y la parte de la derecha a los valores del diámetro en cada punto de medición.

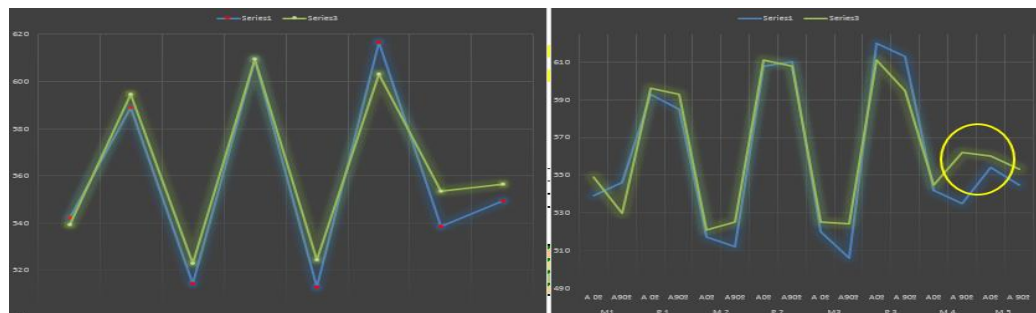
En primer lugar se describen las comparaciones entre juntas altas de carga. Las primeras en confrontar sus datos van a ser las juntas 2 y 6 y a continuación las 1 y la 3. Se concluye el análisis de este grupo con la comparación entre la junta 1 y 6 puesto que revelan cuestiones anómalas con respecto al resto.

Juntas 6 y 2:



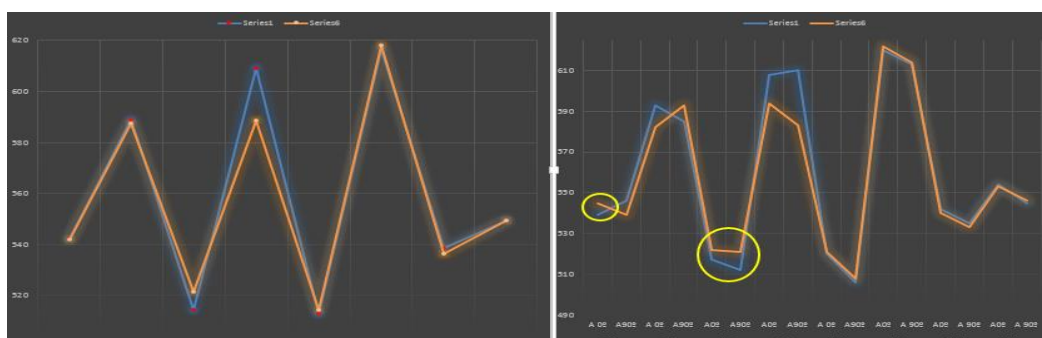
Estas juntas son las que mayor carga máxima tienen (aprox. 15, 2 Kg), la carga de deslizamiento excesiva tanto de máxima como de mínima proviene de una inyección demasiado alta. La diferencia entre la carga máxima de ambas juntas puede derivarse del mayor diámetro medio de la junta 8.

Juntas 1 y 3:



En este caso el plástico no domina el fenómeno de deslizamiento, dado que si así fuera la junta 1 al presentar el mayor diámetro medio debería tener la mayor carga, pero no es así. En la carga mínima domina la junta 1 mayor diámetro en P3 y en la carga máxima domina la junta 3 por la interferencia que generan los diámetros en M1, M4 y M5.

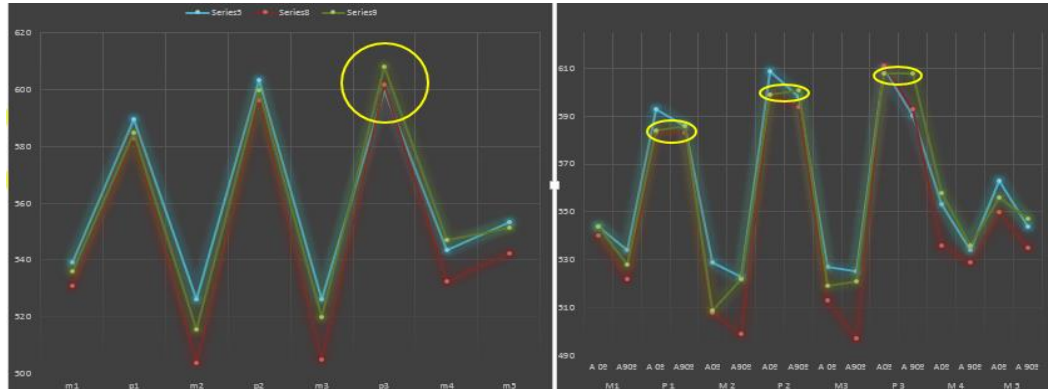
Juntas 1 y 6:



De la comparación de la junta 1 y 6 sorprende que teniendo idéntica geometría final los ejes la junta que tiene mayor carga sea la 6. Podría deberse a que la hembra tuviese un óvalo en la entrada y que los diámetros metálicos que sean más altos en esa zona dominen en la carga.

En segundo lugar se describen las comparaciones entre juntas bajas de carga. Las primeras en confrontar van a ser las juntas 5,8 y 9, después se analizarán la 7 y la 10.

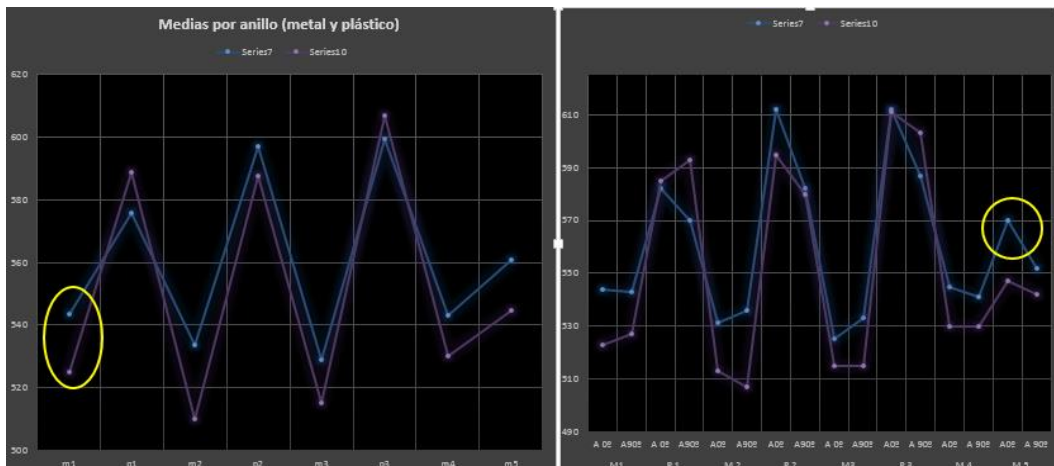
Juntas 5,8 y 9:



Las junta 5 y 9 tienen idénticas cargas máximas (10,3Kg) pero la 9 presenta mayor carga mínima (4,1Kg). La diferencia se debe a que la junta 9 tiene mayor diámetro medio en el anillo P3 y menor dispersión en cada anillo plástico. La variación por anillos es de 2 μ m, 2 μ m y 0 μ m.

En cuanto a la comparación de la junta 8 con respecto a sus homologas podemos destacar que debido a los diámetros metálicos más bajos, con la misma inyección se generan diámetros medios más bajos y menor carga de deslizamiento.

Juntas 7 y 10:

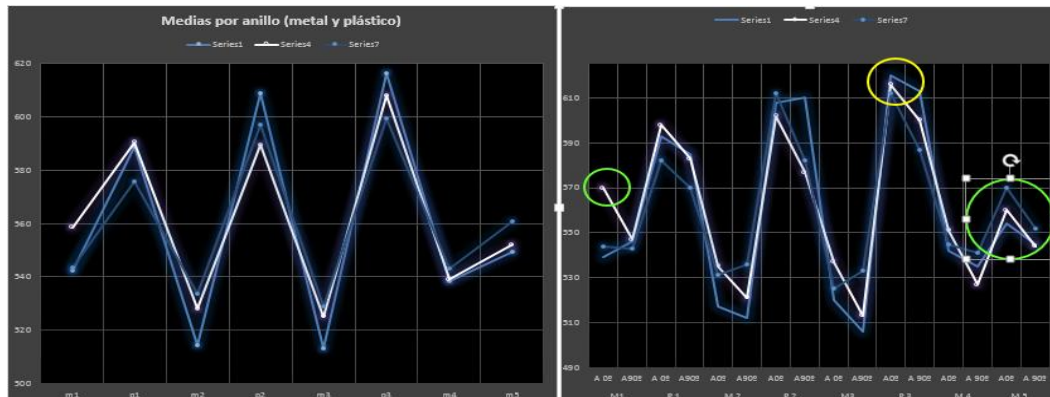


Las juntas 7 y 10 presentan la misma carga mínima (3,9Kg) y una diferencia de 0,8 en su carga máxima dominando la junta 7 en este aspecto. A pesar de que la junta 10 tiene mayor diámetro plástico medio, el hecho de que la junta 7 tenga los diámetros metálicos elevados en M1 y M5 es determinante en la carga máxima.

Es probable que también se vea afectada la carga de la junta 7 y no lleve más por los óvalos que presentan sus anillos plásticos, 19 μ m en el primero, 20 μ m en el segundo y 35 μ m en el tercero.

Y, en último lugar, se va a analizar la junta 4 comparándola con las próximas por exceso y defecto.

Juntas 1,4 y7:

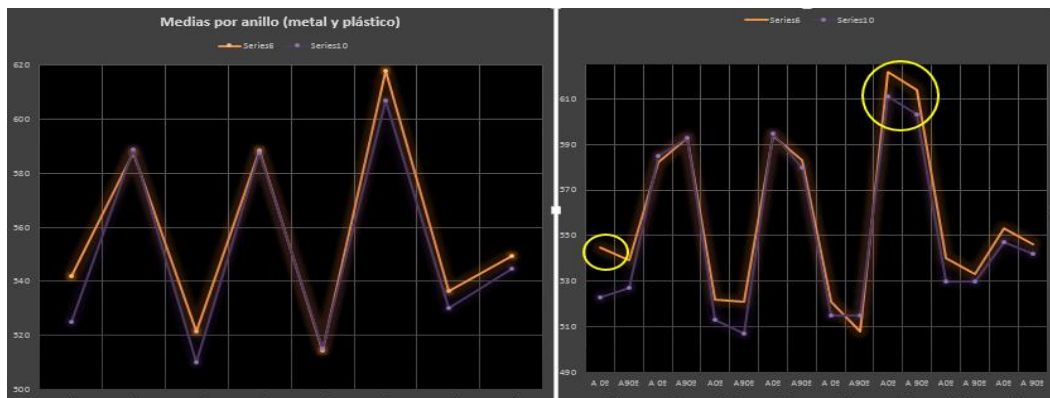


La junta 4 presenta una carga mínima alta generada por los diámetros metálicos elevados que presenta en los anillos M1 y M5 y la carga máxima alta por los plásticos. Podría tener mayor carga si no presentase tanto óvalo en los anillos.

Conclusiones al estudio carga de deslizamiento- geometría de la unión:

- El diámetro medio plástico no determina la carga de deslizamiento.
- Los factores que más afectan a la carga de deslizamiento son los valores de los anillos plásticos en los anillos 1 y 3.
- El anillo plástico 2 no ha resultado determinante en los parámetros de carga de ninguna de las juntas analizadas.
- El valor del diámetro plástico en el anillo 1 determina la carga máxima mayor de la junta y el valor del diámetro plástico en el anillo 3 determina la carga mínima mayor.
- En todos aquellos casos que la carga no pueda ser explicada por las afirmaciones anteriores se debe a la interferencia del metal en la unión, siendo importante observar a parte de P1 y P3 los anillos M1 y M5.

Estas claves cristalizan en la siguiente comparación entre la junta 6 y la 10, la mayor y la menor carga de deslizamiento:



4.2.5. Conclusiones sobre el análisis de la inyección.

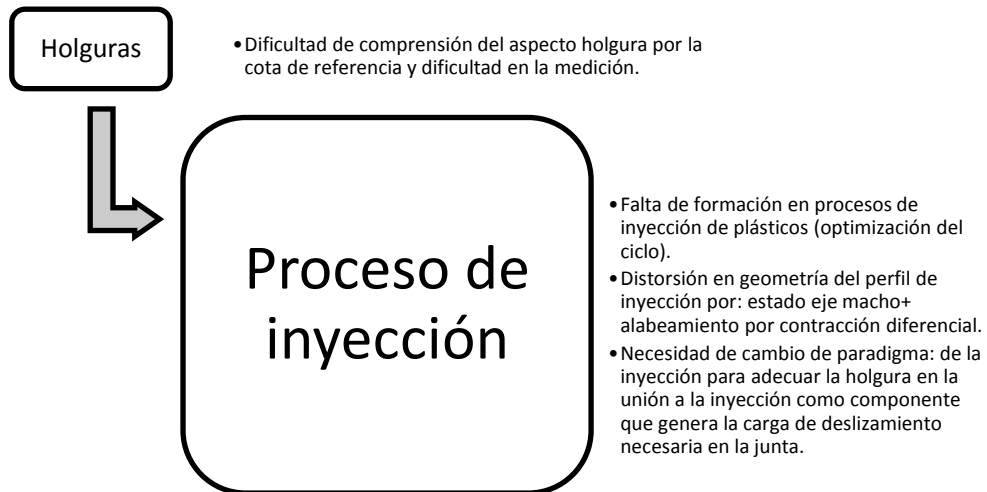


Figura 51. Conclusiones inyección.

4.3. Sección transversal del eje hembra.

El eje hembra se transforma en dos fases: estirado y troquelado e inserción del pin. En la fase de estirado se parte de un tubo de acero fosfatado y mediante operaciones de conformación en frío se le otorga la geometría adecuada, esta transformación tiene lugar en la sección de componentes de la fábrica. Y, en la última fase, la pieza se troquela (corte en longitud) y se le inserta el pin, este proceso lo realiza una empresa externa. El pin es un tornillo prisionero que pasa por la lengüeta o huella principal del eje macho y que evita que la junta se desmonte, es decir, el pin es un tope mecánico al desplazamiento axial.

4.3.1. Variabilidad alta en un mismo lote de fabricación.

La necesidad de realizar selecciones en un mismo lote indica dos tendencias en la fabricación del componente que se inspecciona. Con el fin de llegar a la causa que ocasiona dicho evento se fue explorando la transformación del componente aguas arriba del punto de corte descubierto (montaje en línea).

En la fase de troquelado e inserción del pin no se ha podido investigar cómo afecta esta transformación al eje hembra puesto que el proceso tiene lugar en una empresa externa. Aunque hubiera sido beneficioso verificar el proceso para descartar cualquier contaminación no hay indicios de que el problema recaiga en esa fase puesto que si así fuera la variabilidad observada sería mucho más elevada.

En la fase de estirado se han encontrado causas de variabilidad en un mismo lote de fabricación debidas a una incorrecta trazabilidad de los componentes manufacturados. En la fábrica hay 6 líneas de estirado de ejes hembras, dos de ellas (línea 1 y 3) se dedican a la fabricación de ejes hembras para la línea de ensamble de producto B2e/B562.



Figura 52. Layout estirado de hembras.

La máquina L1 fabrica ejes hembras en dos operaciones, en la primera se transforma el material de partida aproximando a la forma final del eje hembra y en la segunda se produce la forma final y el dentado interior y exterior del eje. Una vez estirado el eje se somete a un proceso de lavado para enfriar la pieza y limpiar los materiales de lubricación.

El material fluye por la máquina gracias a un brazo robotizado que transporta las piezas de una operación a otra. La primera operación se realiza con un único utillaje, en cambio, para la segunda operación hay dos bancos de estirado que se conocen como banco izquierdo y banco derecho (en la Figura 52 se han remarcado en rojo los dos bancos). Las piezas transformadas en cualquiera de dos bancos se introducen en la lavadora y van a parar a un mismo contenedor.

La variabilidad en un mismo lote de fabricación se relaciona con la línea de estirado de hembras número 1 y se debe a la mezcla de piezas fabricadas en distintos bancos. Para comprobar la hipótesis se va a argumentar en base a dos documentos: hoja de proceso de la fase de transformación y registro de medición del diámetro interior del eje hembra.

En la hoja de proceso se indican los parámetros de configuración de los dos bancos de estirado (Figura 53). Aunque la diferencia en los parámetros se deba a la configuración de la máquina para adecuar la geometría al plano del componente estas diferencias introducen una variabilidad al proceso. Por ejemplo, en la cota 1 la diferencia entre especificaciones es de 7,6. Además de los parámetros de máquina se han de tener en cuenta la variabilidad que introducen los desgastes en los utillajes y herramientas.

BANCO IZQUIERDO/LHD(E-1805)			
(M) NIVEL DE ACEITE DE LA MAQUINA Y PRESION DEL AIRE 4-7 BAR		DESARROLLO PROCESO	132.51/-0.25 08110807
MATERIAL	EN 10305-1 E-235+A		
N	PARAMETROS CAMBIANTES RESPECTO PROGRAMA BASE	ESPECIFICACION	OBSERVACIONES
1.1	COTA INICIAL	235.8	ROBOT COAR Y DEJA
1.2	ESPESOR	5.0	
1.3	MAZINGER	5.0	
1.4	ENCABE	5.0	
1.5	MATIZ	5.0	
1.6	EMPUJADOR	5.0	
1.7	COTA FINAL 1	235.8	
1.8	COTA FINAL 2	235.8	
1.9	COTA FINAL 3	235.8	
1.10	Nº DE MATRICES	2	(CHAPA DE CARACTERISTICAS DE MAQUINARIA DE 1982)
1.11	VENTANA POSICION	N	
1.12	PRESION DE BOMBA	150 kg/cm²	PRESION BAJA 40 kg/cm² DE 1982
NOTA			

PARAMETROS BANCO DERECHO/RHD			
(M) NIVEL DE ACEITE DE LA MAQUINA Y PRESION DEL AIRE 4-7 BAR		DESARROLLO PROCESO	135.41/-0.25 08110808
MATERIAL	EN 10305-1 E-235+A		
N	PARAMETROS CAMBIANTES RESPECTO PROGRAMA BASE	ESPECIFICACION	OBSERVACIONES
1.1	COTA INICIAL	235.8	ROBOT COAR Y DEJA
1.2	ESPESOR	5.0	
1.3	MAZINGER	5.0	
1.4	ENCABE	5.0	
1.5	MATIZ	5.0	
1.6	EMPUJADOR	5.0	
1.7	COTA FINAL 1	235.8	
1.8	COTA FINAL 2	235.8	
1.9	COTA FINAL 3	235.8	
1.10	Nº DE MATRICES	2	(CHAPA DE CARACTERISTICAS DE MAQUINARIA DE 1982)
1.11	VENTANA POSICION	N	
1.12	PRESION DE BOMBA	150 kg/cm²	PRESION BAJA 40 kg/cm² DE 1982
NOTA			

Figura 53. Parámetros estirado bancos L1

El registro de medición del diámetro interior del eje hembra se lleva a cabo por los técnicos de laboratorio del departamento de calidad. En el citado archivo, se grafican los valores medidos diferenciados por línea de estirado y por banco. La Figura 54 se extrae de ese documento, con ella podemos comparar las discrepancias entre ambos bancos. Si bien, debemos considerar que la escala del eje horizontal es diferente (número de registros banco izquierdo 251 y banco derecho 169), por ello, los datos están más comprimidos en el gráfico de la izquierda. Teniendo en cuenta este hecho, la comparación de ambos bancos nos permite identificar el comportamiento de cada banco de estirado.

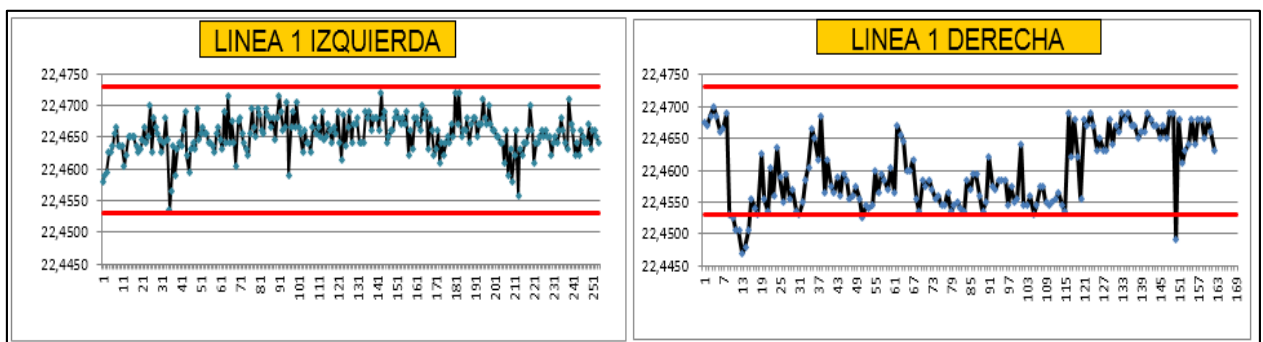


Figura 54. Diámetros hembra bancos izquierdo y derecho L1.

En el gráfico de la parte de la izquierda (banco izquierdo L1) se puede observar que la serie exhibe una mayor estabilidad en los valores a lo largo del tiempo, fabricando ejes hembras con dimensiones más cercanas a cotas máximas. En el banco de la derecha, los datos demuestran dos tramos diferentes. En el primer tramo (hasta el registro 115) la tendencia es a la baja, lo que podría indicar un desgaste excesivo del utillaje en los cambios de herramientas y una rápida estabilización de la variable en cotas mínimas. No obstante esta tendencia cambia desde el registro citado hasta los últimos valores, incrementándose en este último tramo la estabilidad de la serie y el diámetro del eje hembra.

Según lo analizado anteriormente podemos afirmar que la variabilidad del eje hembra dentro de un mismo lote de fabricación se debe a una incorrecta trazabilidad (mezclado de material y pérdida de identidad) del eje hembra en la operación de estirado de ejes en la línea 1.

Aunque con el análisis anterior queda comprobada la hipótesis planteada, del estudio del registro de diámetros del eje hembra se ha desprendido una causa adicional de variabilidad: la línea 3 de estirado de hembras. Los problemas de carga de deslizamiento en la línea de ensamblaje no se manifiestan con ejes hembra de línea 3 en el producto B-562, por lo que el riesgo se introduce con producto B2E de L3.

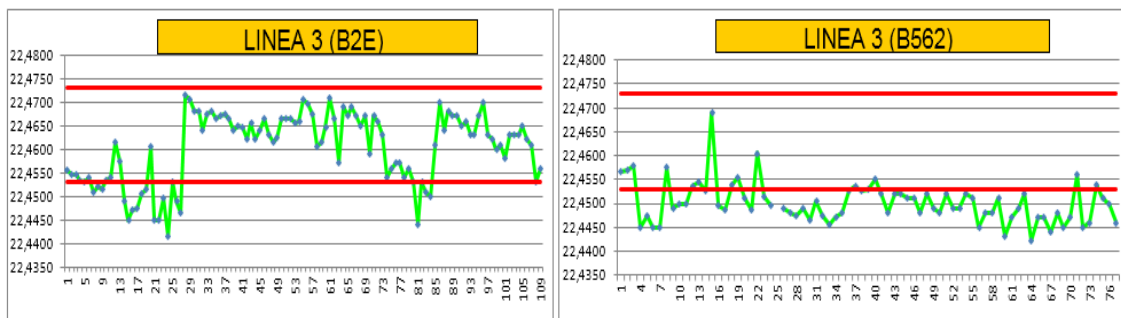


Figura 55. Diámetros hembra L3

En la Figura 55 se muestran gráficas de los diámetros internos en L3 de estirado tanto para fabricación de B562 como de B2E. Si observamos el gráfico de la parte izquierda se pueden apreciar unas rachas muy marcadas en los datos con periodos de estabilidad entre ellas. Esto es indicativo de que se tarda bastante en corregir los ejes hembras fuera de especificación por cota mínima. Lo que revela un problema de detección de fabricación de material no conforme.

Se pueden formular las siguientes causas que motivan la ausencia de detección: un error de identificación del material, un error en el control de la vida del utillaje o una incorrecta puesta a punto de la máquina al cambiar de referencia. No se ha podido profundizar en el análisis de causas con respecto a este factor, aunque la causa que se considera más plausible es un error debido a la puesta a punto. El producto B562 se fabrica en cotas cercanas a la mínima por razones de diseño, sin embargo, el producto B2e requiere de cotas cercanas a máximos para evitar problemas de deslizamiento en la línea de montaje. En los cambios de referencia se adecúan los parámetros de máquina para cada producto pero la geometría final se ve afectada además por otro factor: el desgaste de la matricería.

En conclusión la línea 3 introduce mucha variabilidad en la línea de ensamblaje de componentes como consecuencia de un fallo en la detección de fabricación de material no conforme en producto B2E.

4.3.2. Existencia estrechamiento en sección eje hembra.

Se planteó la búsqueda del estrechamiento desde la primera operación de transformación puesto que no era posible evaluar si procedía de la operación de troquelado e inserción de pin. Si se descartaba en la primera operación el defecto podría deberse al proveedor externo. No obstante, según el estudio realizado el estrechamiento se genera en el proceso de estirado y las causas no son achacables a una operación posterior.

La hipótesis se comprobó con unos estudios que se realizaron en mayo 2015, en ellos se escogieron ejes hembras de las líneas 1 y 3 y se cortaron para tener acceso a las zonas donde los calibres estirados indicaban estrechamiento. En la Tabla 20 se recogen los datos de interés del análisis.

Máq. Estirado	Línea 1																			
Fecha	13/05/2015																			
Pieza 1	valor	longitud	Día 13/05/2015 L1 Pieza 1																	
min absoluto	435,0	75,42		57,87	457	459	453	449	448	450	449	444	446	454	451	media	dispersión	recorrido	min	max
max absoluto	459,0	57,87	86,42	58,01	454	450	454	453	452	451	453	451	455	458	453	453	2,3	8	450	458
media	449,2			75,42	450	440	450	441	441	443	438	435	456	453	445	7,0	21	435	456	
dispersión	2,2			86,42	459	452	449	445	446	440	437	445	448	458	448	7,0	22	437	459	
			Día 13/05/2015 L1 Pieza 2																	
Pieza 2	valor	longitud		57,87	467	464	463	463	460	459	458	457	456	456	460	3,8	11	456	467	
min absoluto	441,0	86,42		58,01	451	445	449	454	456	457	458	459	458	456	454	4,6	14	445	459	
max absoluto	467,0	58,01		75,42	449	447	449	444	454	446	450	447	455	457	450	4,2	13	444	457	
media	453,0			86,42	453	451	444	441	447	441	449	451	444	456	448	5,1	15	441	456	
dispersión	0,6																			

Máq. Estirado	Línea 3																		
Fecha	18/05/2015																		
Pieza 1	valor	longitud	Día 18/05/2015 L3 Pieza 1																
min absoluto	431,0	86,42		57,87	446	443	441	444	442	439	443	442	436	439	441,5	2,9	10	436	446
max absoluto	450,0	86,52		58,01	446	445	438	435	446	438	441	439	437	441	440,6	3,9	11	435	446
media	440,7			75,42	443	440	439	447	445	445	444	438	432	435	440,8	4,8	15	432	447
dispersión	1,5			86,42	450	443	448	442	444	438	437	435	432	431	440	6,5	19	431	450
			Día 18/05/2015 L3 Pieza 2																
Pieza 2	valor	longitud		57,87	455	456	459	456	451	449	445	444	443	447	450,5	5,7	16	443	459
min absoluto	420,0	58,01		58,01	449	447	447	448	438	440	430	425	420	424	436,8	11,2	29	420	449
max absoluto	459,0	57,87		75,42	449	446	445	447	445	440	436	430	426	426	439	8,9	23	426	449
media	440,5			86,42	448	442	441	437	432	438	435	430	428	425	435,6	7,0	23	425	448
dispersión	2,4																		

Máq. Estirado	Línea 3																		
Fecha	19/05/2015																		
Pieza 1	valor	longitud	Día 19/05/2015 L3 Pieza 1																
min absoluto	441,0	57,87		57,87	462	459	456	454	449	448	450	441	448	453	452	6,1	21	441	462
max absoluto	471,0	58,01		58,01	460	459	458	458	461	460	463	467	469	471	463	4,7	13	458	471
media	457,1			75,42	457	460	456	454	459	460	465	466	469	470	462	5,6	16	454	470
dispersión	0,9			86,42	454	451	450	453	447	448	449	452	458	459	452	4,0	12	447	459
			Día 19/05/2015 L3 Pieza 2																
Pieza 2	valor	longitud		57,87	465	469	468	466	466	465	464	463	463	462	465	2,2	7	462	469
min absoluto	435,0	75,42		58,01	445	446	468	467	468	468	467	465	463	461	462	8,9	23	445	468
max absoluto	469,0	57,87		75,42	435	438	468	468	465	466	465	464	464	462	460	12,3	33	435	468
media	462,4			86,42	467	465	468	466	462	465	462	457	460	458	463	3,8	11	457	468
dispersión	4,6																		

Tabla 20. Estudio estrechamiento hembras

Las piezas fabricadas en la línea 1 el día 13/05/2015 presentan un diámetro medio a lo largo de su sección en cotas sobre el límite inferior de la especificación con valores a 22,449mm y 22,450mm. Si nos fijamos en los valores mínimos absolutos en cada zona de medición podemos observar que los valores más pequeños se encuentran en las mediciones realizadas en las longitudes a 75,42mm y 86,42mm.

En las piezas fabricadas en la línea 3 el día 18/05/2015 encontramos ejes hembras en cotas muy por debajo de la especificación en valores medios a 22.440mm en ambas piezas. Se dio aviso a los responsables de la maquinaria y se paró de inmediato la producción verificando todo el producto no conforme en la fábrica relacionado con esta línea de estirado. Se retiró el alma³ de la línea de estirado y se descubrió que tenía 4 dientes mellados además de un desgaste generalizado en toda la zona de ataque de la herramienta. Se cambió el utillaje de la línea y se continuó la fabricación.

Al día siguiente (19/05/2015) se repitieron las medidas en piezas fabricadas en la misma línea y los diámetros medios del dentado fueron 22,562mm y 22,570mm. En cuanto a los diámetros mínimos, en una de las piezas se encontraron puntos que se consideran anómalos puesto que no tenían repetitividad en las mediciones (pieza 2), y la otra pieza exhibía puntos mínimos en dos zonas concentradas (principio y final).

El estudio anterior evidencia un fallo en el control de utillajes en L3 y puntos duros o estrechamientos en la zona final de los ejes hembras fabricados en L1. Por tanto, como consecuencia del estudio ha quedado corroborada la existencia de puntos a menor diámetro que el que demanda a especificación. Sin embargo, queda plantearse si este hecho es un fenómeno aislado en el tiempo o si tiene continuidad. Para resolver esta cuestión se han cruzado los datos del registro de diámetro interior del eje hembra con la serie temporal de los rechazos de la línea (analizado en el apartado la descripción del problema). En la página siguiente (Figura se muestra dicho gráfico modificado con líneas verticales blancas en los días en los que el registro de medición indicaba cotas fuera de especificación sobre el límite inferior y/o calibres con dificultades de paso.

Se ha incluido la verificación de calibres puesto que aunque la medida sea correcta en la zona de medición el estrechamiento sólo se detecta con el útil estriado. Además, se ha de aclarar para la comprensión del gráfico que hay un margen de 2 días entre las líneas verticales blancas y el efecto en los rechazos de la línea debido a la operación de troquelado e inserción del pin. La estimación de este dato ha sido proporcionada por el departamento de logística.

³ El utillaje que se encarga de realizar el dentado interior en el eje hembra se denomina alma (o mandril).

De la inspección directa de la Figura 56 podemos afirmar que existe una correlación entre puntos duros en el eje hembra y rechazos en la línea de fabricación. En la Tabla 21 (cotas en milímetros) se identifican las piezas del registro no conformes.

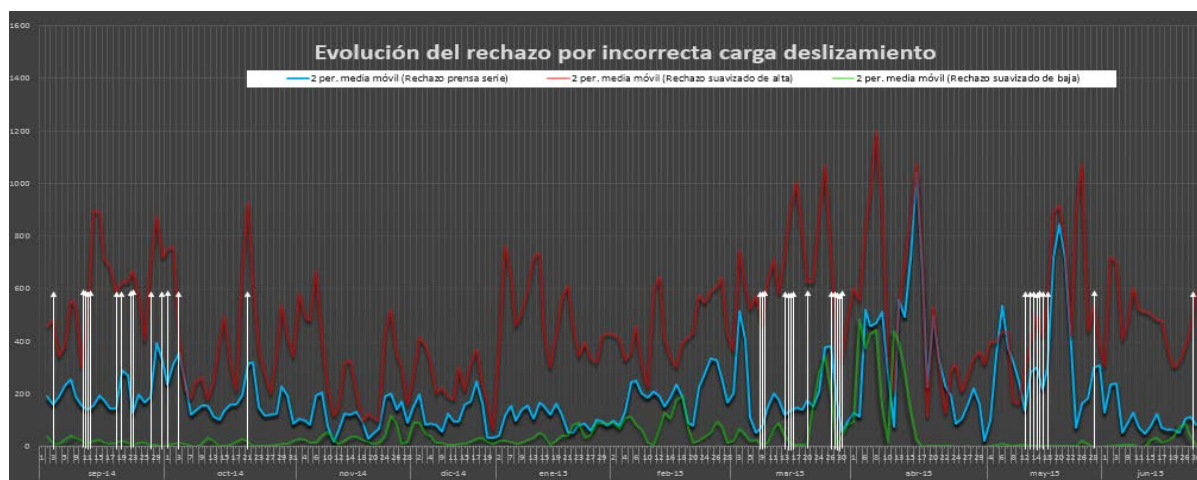


Figura 56. Rechazo incorrecta carga deslizamiento con registro diámetros hembras.

Referencia	Línea estirado	FECHA	Turno	Medida 0 °	Medida 90 °	Calibre
Sixpack	L1.Izquierdo	03/09/2014	M	22,467	22,463	PD
Sixpack	L1.Derecho	03/09/2014	M	22,456	22,455	PD
Sixpack	L1.Derecho	10/09/2014	T	22,456	22,452	PD
Sixpack	L3	10/09/2014	T	22,460	22,455	PD
Sixpack	L1.Izquierdo	11/09/2014	T	22,462	22,465	PD
Sixpack	L1.Derecho	11/09/2014	T	22,451	22,455	PD
Sixpack	L3	11/09/2014	T	22,448	22,450	PD
Sixpack	L1.Izquierdo	12/09/2014	M	22,464	22,461	PD
Sixpack	L1.Derecho	12/09/2014	M	22,465	22,460	PD
Sixpack	L3	12/09/2014	M	22,445	22,445	PD
Sixpack	L3	12/09/2014	T	22,446	22,448	PD
Sixpack	L3	18/09/2014	T	22,448	22,447	PD
Sixpack	L3	19/09/2014	T	22,450	22,451	PD
Sixpack	L3	22/09/2014	M	22,452	22,451	PD
Sixpack	L3	23/09/2014	M	22,461	22,460	PD
Sixpack	L3	23/09/2014	T	22,445	22,445	PD
Sixpack	L1.Derecho	26/09/2014	T	22,452	22,454	P
Sixpack	L3	26/09/2014	T	22,446	22,444	PD
Sixpack	L3	30/09/2014	M	22,443	22,440	PD
Sixpack	L3	30/09/2014	T	22,451	22,455	PD
Sixpack	L3	01/10/2014	T	22,448	22,450	PD
Sixpack	L3	03/10/2014	M	22,448	22,445	PD
Sixpack	L1.Derecho	21/10/2014	M	22,452	22,453	P
Sixpack	L3	08/04/2015	T	-	22,454	D
Sixpack	L3	09/04/2015	T	-	22,456	D
Sixpack	L3	10/04/2015	T	-	22,457	D
Sixpack	L3	13/04/2015	M	-	22,457	D
Sixpack	L3	14/04/2015	M	-	22,454	D
Sixpack	L3	14/04/2015	T	-	22,456	D
Sixpack	L3	15/04/2015	T	-	22,453	D
Sixpack	L1.Derecho	20/04/2015	M	-	22,449	D
Sixpack	L3	27/04/2015	M	-	22,444	D
Sixpack	L3	28/04/2015	M	-	22,453	D
Sixpack	L3	29/04/2015	M	-	22,451	D
Sixpack	L3	30/04/2015	M	-	22,450	D
Sixpack	L3	12/05/2015	T	-	22,461	D
Sixpack	L3	13/05/2015	M	-	22,470	D
Sixpack	L3	13/05/2015	T	-	22,464	D
Sixpack	L3	14/05/2015	M	-	22,468	D
Sixpack	L3	15/05/2015	T	-	22,467	D
Sixpack	L3	18/05/2015	M	-	22,465	D
Sixpack	L3	28/05/2015	T	-	22,462	D
Sixpack	L1.Derecho	03/07/2015	T	-	22,468	D
Sixpack	L1.Derecho	06/07/2015	M	-	22,461	D
Sixpack	L3	06/07/2015	T	-	22,461	D

Tabla 21. Registro diámetros hembras con problemas.

Se puede concluir del estudio anterior que el eje hembra presenta un estrechamiento en su sección transversal que aparece con relativa frecuencia en la operación de estirado a lo largo del tiempo y que desencadena rechazos acusados en la fabricación. Asimismo, se concluye que la detección de este problema sólo es posible a través de un calibre estriado o bien mediante un corte a la longitud adecuada y varias mediciones.

Una vez demostrada la existencia de estrechamientos en la sección del eje hembra, se inició la búsqueda de causas. Se pensaba que dicho estrechamiento provenía de un error o bien derivado de una matriz o utillaje o bien del agarre del brazo robot a las piezas (secuencia en Figura 57).

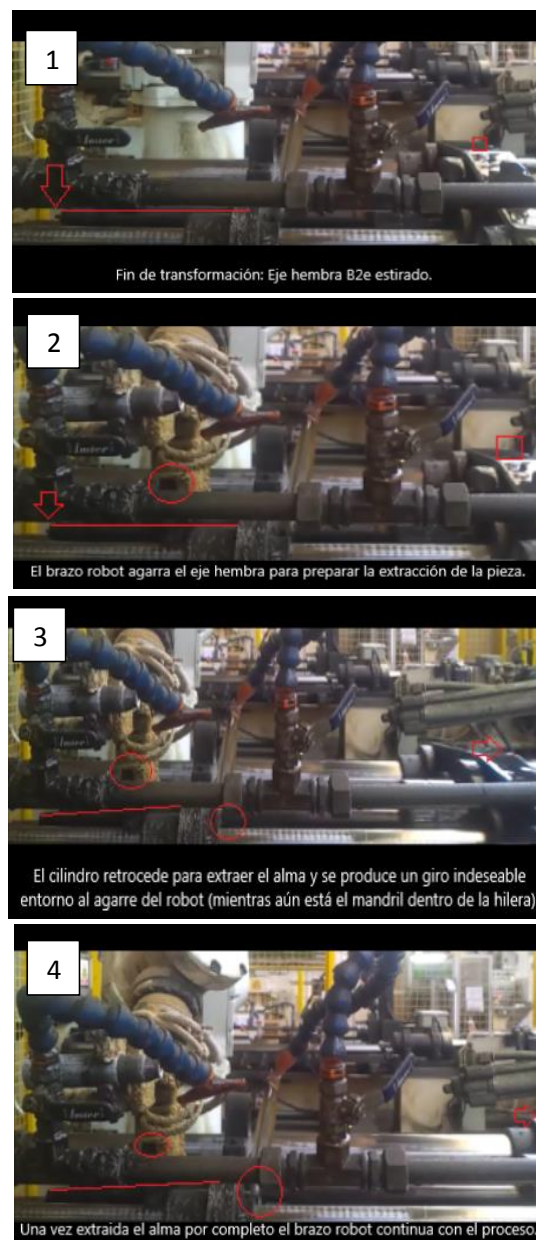


Figura 57. Secuencia imágenes agarre brazo robot línea de estirado.

No obstante se realizaron mediciones en la zona de agarre y no se evidenció ningún problema en dicha zona. Con respecto a la hipótesis de que el defecto proviniese de alguna matriz también se puede descartar si consideramos que de las 6 piezas analizadas en el estudio ninguna presentaba una zona con repetida deformación, es decir, la distribución de puntos duros era caótica.

No se ha podido determinar la causa del estrechamiento, no obstante los indicios apuntan a un incorrecto control de vida de los utillajes y herramientas del proceso. Los filos de ataque del alma se van desgastando y aunque la geometría se sigue generando por arrastre de la parte inmediata no lo hace con la misma precisión. Se cree por ello que la zona final de una hembra estirada con un alma desgastada siempre tendrá un diámetro interior menor (piezas de L1 en día 13/05), y que en un eje hembra estirada con un alma nueva tendrá una geometría uniforme (piezas de L3 en día 19/05).

4.2.3. Conclusiones sobre la sección transversal del eje hembra.

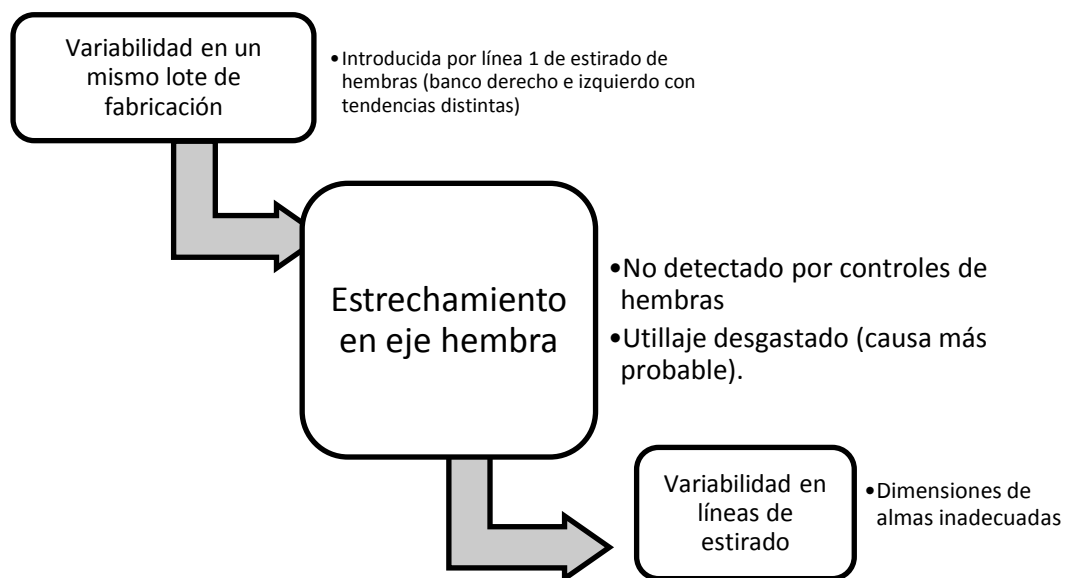


Figura 58. Conclusiones eje hembra

4.4. Otros problemas.

Se han analizado otros factores relevantes en el problema pero no se van a desarrollar en profundidad ni apoyar el razonamiento con datos o informaciones, por ello sólo se van a enumerar a continuación:

- Proceso de calibración: El rechazo depende del estado de los componentes no de errores voluntarios. Causa descartada.
- Ausencia de control sobre temperatura de lubricantes y máquinas críticas (laminado y estirado). Causa posible.
- Material recuperado o reprocesado no genera problemas en su inserción en la línea. Se cruzan los datos del registro de introducción de este tipo de material en la línea con los rechazos de la misma y no hay correspondencia. Causa descartada.
- Diferencias entre producto B2e y B562. En experimento ninguna resultado ser B-562 y en general hay menor rechazo de este producto en la línea. Discrepancias por longitud de material de partida y por incertidumbre de operación en laminado de machos. Causa posible.
- Auditorias de línea ineficaces. Las hojas de verificación están obsoletas, existen controles que no se pueden realizar, parámetros importantes que no se verifican (cambios de lote) y otros insignificantes que hay que anotar. Causa confirmada.
- Registro de cambio de utillajes en línea de estirado poco eficaz. Causa confirmada.
- Proveedores en calidad concertada: los defectos se producen dentro de la fábrica por lo que el material de partida no es un problema y no es necesario cambiar la política de control de recepción de ninguno de los proveedores que abastecen la línea: Kalibre Boru, Sidertube y Salzgitter. Causa descartada.

4.5. Diagrama Ishikawa completo del análisis.

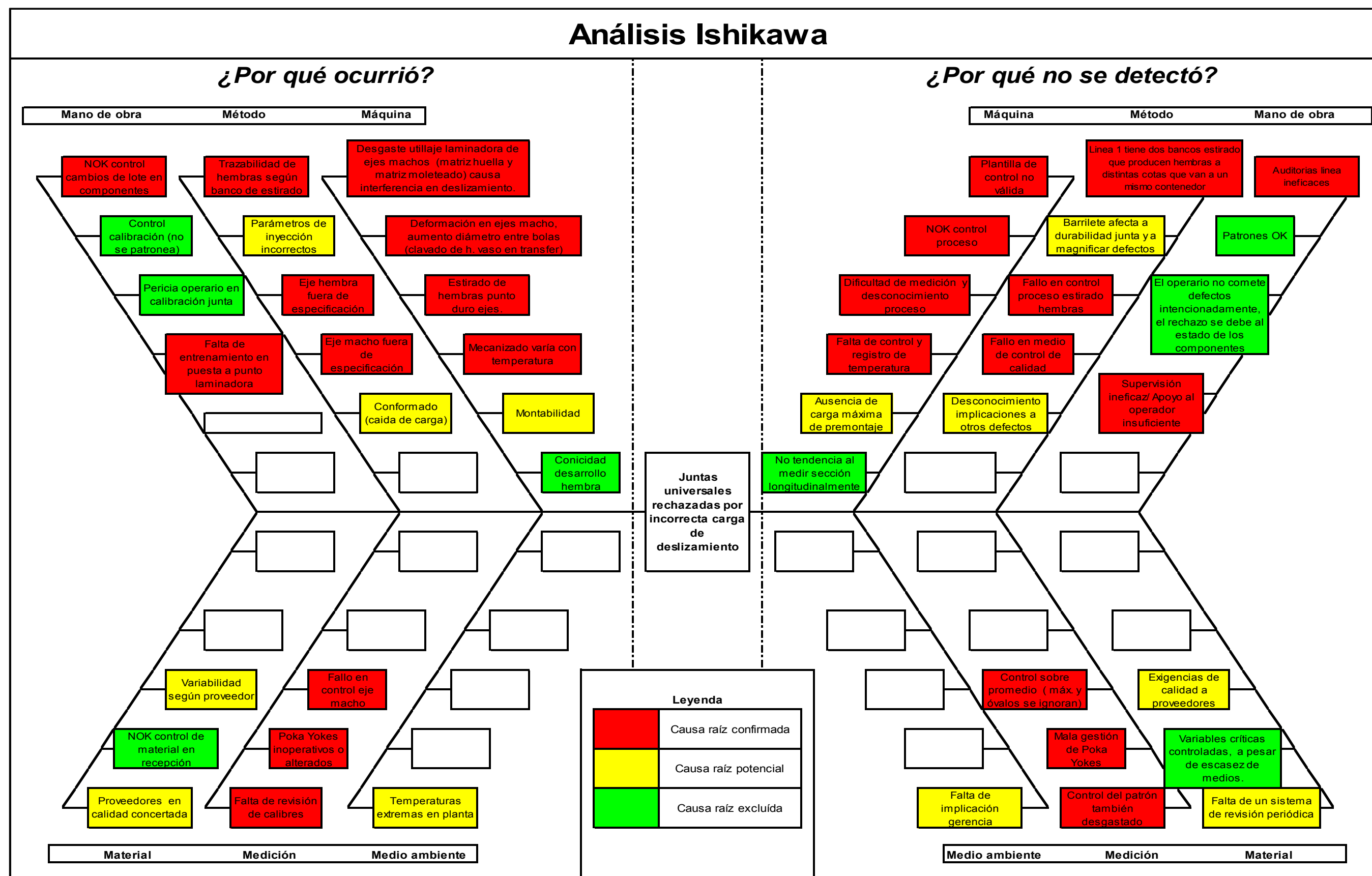


Figura 59. Diagrama Ishikawa con color.

5. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN Y EVALUACIÓN.

Como se especificó al principio, el objetivo fundamental de este trabajo fin de grado es hacer progresar el nivel conocido de la línea. La consecución de la meta de esta tarea viene condicionada a la resolución de los problemas encontrados a lo largo de la etapa de análisis.

Las propuestas realizadas se han agrupado en dos bloques, en el primero se desglosan las relativas al control de procesos y en el segundo las encaminadas a la mejora del mismo.

5.1. Propuestas de mejora para el control de procesos.

El método de evaluación de las medidas propuestas para el control de procesos se ha desarrollado según el procedimiento siguiente:

- Descripción de las medidas propuestas a cada problema hallado.
- Análisis de viabilidad de cada una de ellas mediante matrices de decisión.
- Impacto de la propuesta definitiva en la fabricación mediante índices de manufactura.

Por tanto, para cada problema se desarrollarán los anteriores aspectos. Se seguirá el mismo orden que en el análisis de resultados, de tal manera que se van a exponer en primer lugar las propuestas sobre el eje macho, a continuación las propuestas sobre el proceso de inyección, seguidamente de las propuestas sobre el eje hembra para finalizar con las propuestas sobre otros aspectos relacionadas con el proceso.

Propuestas sobre el eje macho.

1. Entrenamiento del personal relacionado con cambios de utillaje y tareas de mantenimiento laminadora. Realización de jornadas formativas con personal veterano y técnicos de la máquina para resolver dudas a los operadores, con el fin documentar todo el proceso se darán incentivos a los que aporten información para realizar un manual.

Impacto: La medida se encuentra pendiente de realización.

2. Tolerancias más estrictas en el medio de control de la plantilla de verificación del dentado del eje macho en el puesto de laminación. Se ajustan las nuevas cotas a los planos y se mandan fabricar las plantillas.

Impacto: La medida se desestima por variabilidad natural del producto manufacturado.

3. Control más estricto sobre la vida de herramientas y utillajes laminadora.

En el autocontrol del puesto de laminación se incluyen dos nuevas pautas que se implementaran previa revisión y actualización de todos los checklist de la línea. En dicha revisión se tendrá en cuenta el tiempo y los recursos disponibles actuales.

Una de las pautas de control nuevas implica la verificación del número de piezas fabricadas (contador de piezas absoluto) y la revisión del cambio de utillajes. Si tras la verificación del control el periodo entre cambios de utillaje es mayor a 13 días hábiles o si las piezas fabricadas son superiores a 50.000 unidades se exige comenzar registro de medición de diámetros para la verificación de los mismos. De esta manera se consigue fomentar el uso del registro de cambio de utillajes y controlar el desgaste de herramientas simultáneamente.

La otra pauta será de verificación visual del fosfatado en el desarrollo de partida de ejes machos. Esta pauta será de aplicación en cada lote de proveedor y en cada turno, dado que se puede realizar simultáneamente a la alimentación de la máquina. Sólo se anotarán las incidencias encontradas en la hoja de autocontrol. (Si durante un tiempo prudente la verificación es correcta se eliminará la pauta)

4. Cambio de procedimiento en la medición del diámetro metálico. Se incluye el anillo metálico excluido (midiéndose todos los anillos metálicos) y se pide prestar especial atención a los valores medios por anillo, puntos máximos y óvalos de las piezas.

Impacto: las medidas 3 y 4 se implementan aunque su impacto no es posible cuantificarlo ya que no existe indicador relativo. Por tanto dichas medidas se reflejan el cómputo global de juntas rechazadas.

Propuestas sobre el proceso de inyección.

1. Formación del personal. Se trata de empoderar al operador/supervisor de línea para una vez motivado (incentivos) y teniendo los conocimientos adecuados (capacitado) ya que se dispone de la tecnología (medios) se cubra una necesidad de la fábrica (objetivos): mejorar el proceso de inyección.

Para ello se van a realizar jornadas formativas con personal técnico de Arburg. Por un lado, permite mejorar la comprensión del proceso para que cuando sea necesario modificar parámetros se sepa actuar con eficacia mejorando la productividad del trabajador. Y por otro lado, se utiliza el curso para optimizar el proceso, ya que serán los asistentes los encargados de realizar la optimización del ciclo de inyección y de especificar los diámetros por anillo óptimos para generar una carga de deslizamiento adecuada. Los incentivos a los concurrentes se otorgarán en función de la optimización del ciclo conseguida.

Impacto: El curso no se ha impartido aún por lo que es imposible la evaluación.

2. Conjunto de propuestas variadas

-Parámetros inyección: mayores diámetros plásticos en el anillo A y menores diámetros plásticos en el anillo C. Se genera una tendencia lineal pero con menor pendiente (progresividad y límites de carga más cercanos a los definitivos).

-La variabilidad intrínseca a la inyectora es de 7,8 unidades. Este valor se basa en la dispersión hallada en el estudio sobre 25 juntas. Si se detectan variaciones mayores a ese valor entre medidas es indicativo de alta contracción diferencial o de deformaciones en el eje macho.

-Utilización de polímero con menor contracción a igualdad de propiedades o bien añadir aditivos al polímero existente.

Impacto: Dichas medidas están pendientes de comprobación para validarlas.

Propuestas sobre el eje hembra.

1. **Reducir variabilidad en línea de estirado de hembras número 1:**
Segregación de ejes hembra en L1 según banco de estirado.

Listado de propuestas:

- 1.1. Adquirir una línea de lavado adicional para disponer de una lavadora por cada banco de estirado que deposite piezas en un contenedor diferente. Requiere reprogramar el autómata y una línea de lavado.



Figura 60. Lavadora industrial con cinta transportadora.

- 1.2. Modificación de la línea actual para añadir un equipo de selección de material a la salida de la lavadora para que el material se deposite en contenedores diferentes según banco de estirado. Requiere de un equipo de selección y de un sistema de inspección.
- 1.3. Control exhaustivo de matricería y sustitución simultánea en ambos bancos para fabricar en las mismas condiciones. Requiere de costes de utilización de utillaje y personal superiores.

Viabilidad: En función de las restricciones descritas en la Figura 61 la decisión de elección se realiza sobre la opción de “Línea de lavado adicional”

Opciones	Aumento de flexibilidad	Coste total del cambio	Eficacia	TOTAL	Criterios:
Línea de lavado adicional	10	5	10	500	Aumento de flexibilidad: 0: No aumenta la flexibilidad de la operación. 5: Relativo aumento de la flexibilidad. 10: Permite manufacturar otros productos (previo similar). Coste total del cambio: 0: Muy caro. 5: Coste medio. 10: Barato. Eficacia: 0: No reduce el problema de la variabilidad. 5: Reduce problema pero no lo elimina. 10: Elimina problema variabilidad por banco.
Modificación maquinaria actual	5	10	5	250	
Cambio utillaje simultáneo	0	10	5	0	

Figura 61. Matriz de decisión y criterios.

Impacto: El impacto sobre la producción fue nulo ya que no se llevó a cabo, se desestimó por comparación de resultados de esta medida frente a otras encaminadas a la reducción en la variabilidad de cada banco de estirado (medida número 3).

2. Reducir variabilidad en línea de estirado 3 para producto B2e.

Para reducir la variedad en L3 se propuso mejorar la identificación del producto B2E en L3 mediante la colocación de carteles identificativos del producto que se está fabricando y la utilización de matricería diferente para producto B2E y B562 en L3.

Impacto: Para representar el impacto que ha tenido la medida anterior en la fabricación del componente eje hembra se muestra el gráfico del registro de diámetro interior de ejes hembras.

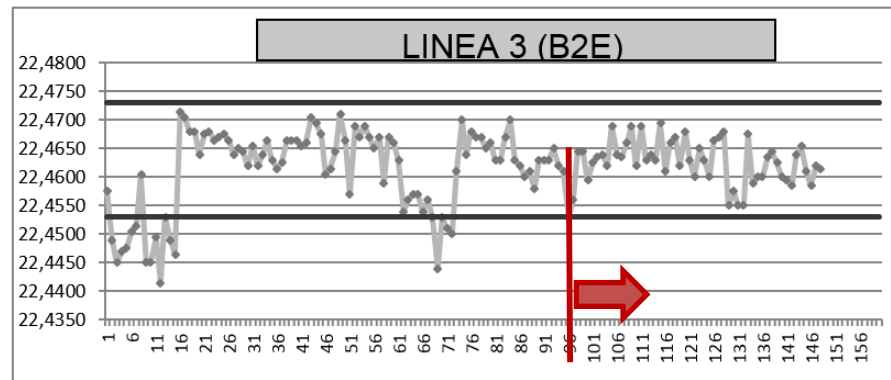


Figura 62. Impacto propuesta reducir variabilidad L3

Como puede verse en la Figura 62, tras la implementación de la medida (marca vertical roja y flecha) parece haberse cambiado la tendencia anterior, no obstante hay que seguir verificando su mantenimiento a lo largo del tiempo. Además del cartel indicativo se informó al personal relacionado con las puestas a punto para hacerles conscientes de la importancia de la aplicación de la medida.

3. Mejorar el control del diámetro interior eje hembra.

Todas las medidas propuestas a continuación tienen como finalidad controlar el proceso de estirado de hembras puesto que se considera crítico para el problema analizado.

Listado de propuestas:

- 3.1. Exigir al proveedor de almas fiabilidad en los productos que entrega. No es aceptable que haya que generarle un desgaste a propósito al material para probarlo. Si el proveedor actual no es capaz de cumplir las especificaciones de resistencia del material en un plazo que se establecerá por el departamento de calidad se plantea la medida inmediata de buscar otros proveedores.

3.2. Priorizar calibre estriado sobre resto de controles. Cuando se detecte que el calibre del útil estriado pasa duro cortar hembra y medir en dicho punto. Si la medición desvela diámetros fuera de la especificación, cambiar de inmediato alma y matriz.

3.3. Nuevo registro de ejes hembra en el que se incluya un contador de piezas absoluto y el utillaje necesario se tabule para facilitar la interpretación de la información en los cambios de utillaje. Con una simple marca y unos comentarios la información sea la suficiente y necesaria para el control.

3.4. Sistema más robusto para medición estriados interiores. Soporte para pistola Hologic y para ejes hembra con referencia de ausencia de dentado.

Impacto: Se implementan todas, no hay indicador se refleja en las juntas rechazadas.

Propuestas sobre otros aspectos.

1. Imponer una carga máxima de montaje en puesto de montabilidad junta. Si hubiese un máximo cuyo valor considerase la contracción del plástico y diese alarma cuando se supera tendríamos un sistema eficaz para detectar que hay errores en el proceso y así el control no depende sólo en exclusividad del operario. No desarrollada propuesta, más allá de su idoneidad para el control de proceso.

Impacto: No evaluado.

2. Iniciar un estudio sobre cómo afecta el estado de la unión estriada en la rigidez total de la junta. Se podría mostrar el ámbito de repercusión realmente extenso de interrelacionado.

Impacto: No evaluado.

3. Actualizar hojas de autocontrol de línea. Las hojas de verificación deben asegurar la representatividad de las observaciones, que el proceso de observación sea eficiente de manera que las personas tengan tiempo suficiente de hacerlo. Los recursos de manufactura han disminuido por la situación económica actual de la empresa y se dispone de menos personal por ello sería recomendable actualizar las hojas de verificación.

Impacto: Mejora satisfacción operarios línea.

Conclusión sobre las propuestas al control del proceso

Manteniendo la variabilidad constante sobre los tres elementos de la unión estriada somos capaces de mejorar el control del proceso. Aunque los impactos de muchas de las medidas propuestas no se han podido evaluar por falta de tiempo, se ha documentado su descripción y viabilidad o necesidad para que quede constancia del estudio realizado sobre ellas por si en un futuro se quieren implementar en la fábrica.

5.2. Propuesta de maquinaria como mejora en el proceso.

En otra línea de la fábrica conocida como V-362 se fabrica la columna de dirección de la Ford Transit. En ella también se requiere transmisión de par, y aunque se emplean unos ejes estriados geoméricamente diferentes a los descritos anteriormente el fundamento de la unión es el mismo. Lo que difiere sustancialmente es el modo de creación de carga en la unión estriada. El proceso de calibración es completamente diferente al utilizado en la línea B2E/B562 en el que se somete la junta a un conformado en prensa. En la figura 63 puede verse el Layout de la fábrica, en ella aparecen recuadradas en rojo las líneas V362 y B2E.

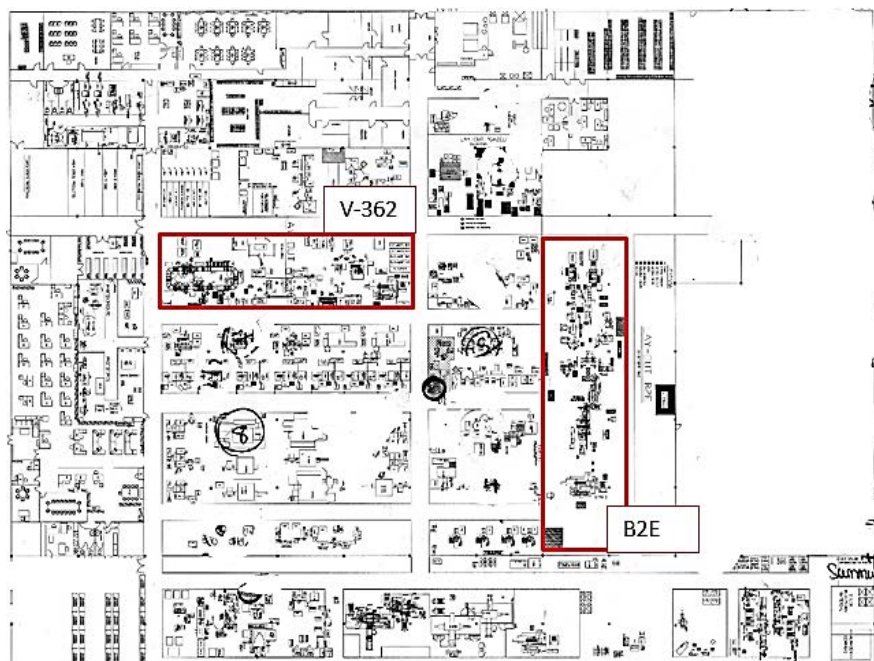


Figura 63. Layout fábrica.

En la línea del V-362 la calibración entre elementos estriados se consigue de manera automática en un puesto que se denomina suavizadora de expansión.

La máquina realiza el encare de los elementos a unir y verifica la carga de deslizamiento, a continuación realiza una serie de cálculos para identificar la carga necesaria y el punto en el que se requiere. Seguidamente desmonta la unión y posiciona el eje macho colineal a un mecanismo de expansión radial regulable. Con los parámetros calculados modifica la forma del mecanismo y una vez que el eje macho se encuentra en el interior del mismo se expande según la forma necesaria deformando el eje macho.

Teniendo en mente la idea original de la línea V-362 juzgué que podría ser buena idea modificar el diseño de la máquina para ajustarla al proceso B2E.

COMPARACIÓN LINEAS	V362	B2E/B562
Nº de modelos fabricación serie	2	12
Nº de anillos inyección eje macho	2	3
Volumen producción (nº unidades/día)	1200	3500

Tabla 22. Comparativa V-362 y B2E para diseño suavizadora de expansión.

Las diferencias que debía salvar el diseño se indican en la Tabla 22. Una mayor variabilidad de modelos por tanto un mayor número de cambios de utillaje (tiempos de preparación mayores). Al ser la geometría del eje macho en tres anillos de inyección en vez de los dos del eje del V362 una mayor complejidad en la forma del mecanismo de expansión. Y, por último, al ser la producción mayor en la línea B2E mayor robustez de utillajes y mecanismo de expansión. Además de los aspectos anteriores el diseño debía considerar la gran variabilidad de los componentes del B2E. Este es uno de los motivos adicionales al interés de la mejora en el control de procesos: dotar de la estabilidad necesaria a los componentes para que el proyecto de la maquinaria nueva no se viene comprometido.

Se hizo un primer prototipo de la máquina que no desprendió los resultados esperados. Se revisó el diseño y se cambió la forma de expansionar el mecanismo en vez de realizarlo al aire, se rediseñó para que expansionase dentro del eje hembra. Al modificar simultáneamente la geometría del eje hembra y el del eje macho se conseguía mejor precisión y la carga de deslizamiento correcto se conseguía en el primer ciclo de suavizado. Los resultados sobre este último diseño son muy satisfactorios.

A pesar del éxito de los resultados existen limitaciones que impiden por el momento el paso de la fase de fabricación en prototipo a la fabricación en serie. La restricción que obstaculiza este paso es la vida restante del proyecto de la línea. El fin proyectado se estima en 2021 y si no se reciben más pedidos de juntas universales la inversión necesaria para la amortización del equipo y la homologación del proceso con el cliente no sería rentable ni factible.

6. CONCLUSIONES GENERALES.

Como cualquier proceso de fabricación, los procesos de transformación que tienen lugar en la fábrica en estudio están sometidos a variabilidad. Para analizar los procesos consideramos que la variabilidad existente es el resultado de dos tipos de causas, las causas asignables y las no asignables. A saber, las causas asignables producen efectos precisos y definidos, tienen grandes efectos sobre la variabilidad y sus efectos desaparecen al eliminar la causa. En cuanto a las causas no asignables, son numerosas y de pequeña importancia, siempre están presentes y sus efectos son difíciles de reducir. Entonces, decimos que un proceso está bajo control cuando se han eliminado las causas asignables de variabilidad y ésta es sólo debida a causas no asignables.

Para identificar las causas asignables de variabilidad que ocasionan una carga incorrecta de deslizamiento se ha llevado a cabo un proceso iterativo de búsqueda de factores de influencia, de análisis de causas y efectos y de formulación y comprobación de hipótesis. La investigación se ha apoyado en herramientas de confiabilidad operacional como el análisis de la causa raíz, en el método PDCA, la metodología 5W2H y en las 7 herramientas básicas de calidad. Además, también me he ayudado de la observación a nivel de campo en todos los procesos, del análisis riguroso de toda la documentación asociada a la línea y de entrevistas con distintas personas relacionadas con el proceso (auditores, técnicos de calidad, personal de mantenimiento de máquinas, maestros del taller de utillaje, ingenieros de diseño y de proceso, operarios de las máquinas y personal de logística).

Se diseñó un experimento sobre material rechazado y las conclusiones del mismo sirvieron para enfocar el estudio hacia los factores de influencia relevantes. Así se desvelaron factores prioritarios en el eje hembra y en el eje macho, que con análisis posteriores centraron la atención en las causas principales: uniformidad del desarrollo de los ejes macho y hembra y en la necesidad de una contracción completamente predecible en el proceso de inyección.

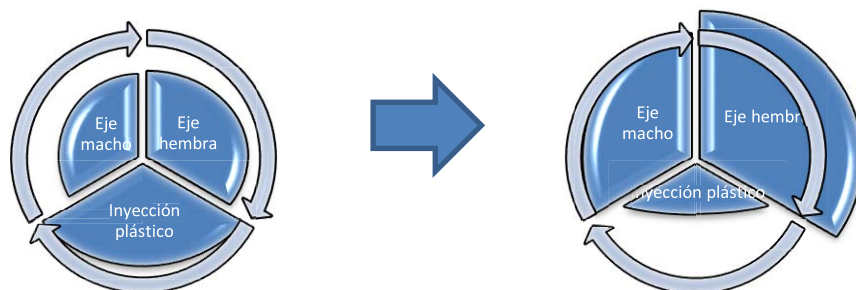


Figura 64. Nivel de importancia elementos análisis (al principio vs al final)

Como consecuencia del análisis de los componentes del conjunto mecánico y del proceso que los ensambla se propusieron soluciones a los problemas encontrados orientados en dos direcciones.

Por un lado, se han listado una serie de medidas encaminadas al control de la aparición de las causas asignables de variabilidad y, por otro lado, se ha propuesto una máquina que realiza de manera automática el proceso de calibrado de la junta. La suavizadora de expansión eliminaría por completo el esfuerzo físico del operario por la calibración de la junta y se podría emplear al personal en tareas menos repetitivas y más necesarias (como por ejemplo en el control de la producción).

La investigación se ha realizado de forma analítica proponiendo soluciones a las causas encontradas. Aunque en este punto se ha de reconocer que se han producido graves limitaciones, teniendo en cuenta lo ambicioso que era el proyecto en su formulación, debido a la situación económica que atraviesa la empresa. Debido al escenario en el que se encuentra y a que los recursos operacionales son muy limitados las prioridades se enfocan en otros proyectos de la fábrica con mayor duración restante.

No obstante, a pesar de lo anterior, se han percibo avances sustanciales con la implementación de algunas medidas encaminadas al control de procesos críticos. Las propuestas concretas se resumen a continuación:

- **Laminadora de machos:** nuevas pautas de autocontrol para controlar desgaste de herramientas y cambio del procedimiento de medición para detectar defectos.
- **Estirado de hembras:** matricería diferenciada en línea 3 para producto B2e y B562 y cartelería identificativa de producto en proceso de fabricación en L3; mayor nivel de exigencia en la calidad de las almas, priorizar calibre estirado sobre otros instrumentos y utilización como validación de material en cambios de utillaje, mejorar registro de cambio de utillaje y facilitar la medición del diámetro mediante un sistema de apoyo del instrumento de medición y de la pieza medir.

Citando el prólogo del libro *Poka Yoke: Mejorando La Calidad Del Producto Evitando Los Defectos*: “No es un mecanismo, sino la aplicación de cintos y millares de estos simples mecanismos a prueba de errores los que día tras día han producido el milagro de la calidad del Japón”.

Es precisamente esto, la aplicación de muchas pequeñas medidas, lo que ha permitido significativos incrementos en la producción y reducciones en el número de rechazos. El aumento en la producción ha sido de un 8% y el número de rechazos se ha reducido en un 12% con respecto a la media de los datos acumulados sobre el primer semestre del año.

En conclusión, se ha conseguido el objetivo inicial de avanzar en el conocimiento del estado de la línea y no sólo en el fenómeno en estudio (carga incorrecta de deslizamiento), sino que también en aspectos de durabilidad en la junta (detección de problemas por inyección incorrecta debido a deformaciones en el eje macho) y de rigidez (cargas ficticias generadas por incorrecto desarrollo sección e interferencia metal-metal).

7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En este apartado se presentaran los costes asociados al desarrollo del proyecto, especificando tanto los gastos de personal y de materiales, además de otros que no se incluyen en los anteriores.

Costes de personal

En la Tabla 19 se especifica el personal involucrado, los costes horarios y el importe total. Para la estimación de los costes anuales se han consultado diversas fuentes⁴ haciendo un promedio de los datos administrados.

Categoría profesional	Tiempo empleado(h)	Coste anual (€/año)	Coste horario (€/h)	IMPORTE (€)
Tecnico de laboratorio	7	26000	14	95
Operario de máquina	5	22728	12	59
Ingeniero senior (tutora)	20	57600	28	560
Ingeniero senior (ing. Procesos CSA)	15	38000	20	297
Tecnico de mantenimiento	4	28000	15	58
Ingeniero junior (autor)	255	23500	12	3121
COSTE TOTAL DE PERSONAL				4190

Desglose tiempos Ingeniero junior (autor)	Tiempo empleado(h)
Experimento sobre material rechazado (diseño, realización y análisis)	110
Otras pruebas/ensayos y análisis de los mismos. Propuestas de solución.	95
Redacción informe proyecto	50
Tiempo total empleado por el autor	255

Tabla 23. Coste de personal proyecto y desglose tiempo autor.

Costes de material

En la Tabla 21 se especifica el concepto y el importe total del material necesario para la realización del proyecto, se incluyen además los costes asociados a la realización de algunas propuestas pendientes de realización (cursos) pero que se han confirmado viables y eficaces para el proyecto.

⁴ Entre ellas la siguiente: Page personnel. Estudios de remuneración 2015. Available from: http://www.pagepersonnel.es/productsApp_pp_es/Estudios%20Remuneracion/er_ingenieros.pdf

Conceptos	Importe (€)
Material rechazado línea (experimento)	77
Piezas ensayos adicionales	140
Instrumentos de medición (CMM, micrometros, pie de rey, banco de torsión, banco de calibración, calibres, patrones). Suministrados fábrica	0
Prototipo suavizadora de expansión (inicial +rediseño)	7000
Matricería y cartelería diferente L3	300
Soporte para pistola Hologic y ejes hembra	130
Curso mejora ciclo inyección	2300
Curso mejora Pap laminadora	1700
COSTE TOTAL MATERIAL	11647

Tabla 24. Coste material proyecto

Otros costes

Los costes indirectos engloban aquellos costes que no están incluidos en ninguno de los dos conceptos anteriores. Así, por ejemplo, estos incluyen el gasto de electricidad y la gasolina consumida. Puesto que estos costes son difíciles de calcular, se considera la aproximación de que suponen alrededor del 2% de la suma de los costes directos. De esta manera, los costes indirectos los podemos estimar en 317 euros.

Coste total del proyecto

Finalmente, en la Tabla 22 se muestra el coste total del proyecto, resultado de sumar los conceptos anteriores (costes directos e indirectos).

Tipo de coste	Importe(€)
Costes directos	
Personal	4190
Material	11647
Costes indirectos	317
COSTE TOTAL	16154

Tabla 25. Coste total proyecto

Se ha de indicar que es un coste estimativo ya que hay muchas medidas propuestas a lo largo del documento y su impacto en costes es de difícil previsión (estudios de rigidez, carga de premontaje junta, coste de homologación con cliente nueva maquinaria). Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores el presupuesto del proyecto asciende a 16.154 €.

8. ANEXOS.

8.1. Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Gantt del proyecto.....	7
Figura 2. Compensación de uniformidades con doble cardan.....	8
Figura 3. Sistema de dirección con tren delantero por cremallera.....	8
Figura 4. Descripción línea B2E/B562.....	9
Figura 5. Unión estriada triangular.....	10
Figura 6. Pareto y tabla de rechazos componentes B2E/B562.....	11
Figura 7. Prueba de interferencia carga ficticia.....	12
Figura 8. Evolución rechazos prensa fabricación serie.....	14
Figura 9. Evolución rechazos prensa L3 versus serie.....	14
Figura 10. Evolución del rechazo por incorrecta carga de deslizamiento.....	15
Figura 11. Tendencia suavizado de alta.....	16
Figura 12. Tendencia suavizado de baja.....	17
Figura 13. Costes rechazo incorrecta carga de deslizamiento.....	18
Figura 14. Supuesto de partida.....	19
Figura 15. Verificación del supuesto partida ejes machos 1 y 2.....	20
Figura 16. Verificación del supuesto partida ejes machos 3 y 4.....	20
Figura 17. Verificación del supuesto partida ejes machos 5 y 6.....	21
Figura 18. Ámbito de validez del estudio.....	22
Figura 19. Útil verificar diámetros internos (alma 3ª estación laminadora).....	23
Figura 20. Gama de control.....	25
Figura 21. Limado de la unión con lima de sección triangular.....	26
Figura 22. Corte longitudinal eje hembra.....	26
Figura 23. Sector de causas experimento.....	31

Figura 24. Sector de causas combinadas experimento.....	31
Figura 25. Huella dañada.....	33
Figura 26. Huellas eje macho.....	33
Figura 27. Diagrama Ishikawa sin color.....	36
Figura 28. Gráficos de ejes machos rechazados (Ejes 1-5).....	38
Figura 29. Gráficos de ejes conformes (en fabricación serie 36-32).....	38
Figura 30. Medición diámetros eje macho.....	40
Figura 31. Zonas de medición y registro medición.....	41
Figura 32. Proceso búsqueda causas eje macho.....	42
Figura 33. Proceso laminadora.....	43
Figura 34. Comparación eje macho fases laminadora.....	43
Figura 35. Albarán lote sospechoso.....	44
Figura 36 ¿Fosfatado ok?	44
Figura 37. Matriz laminación sobre proyector.....	46
Figura 38. Planos matriz laminación.....	46
Figura 39. Evolución rechazo laminación vs cambio utillaje laminadora.....	47
Figura 40. Manual puesta a punto actual laminadora.....	47
Figura 41. Evolución comparativa diámetros medios ejes machos.....	50
Figura 42. Conclusiones eje macho.....	51
Figura 43. Ejemplo de unión por ejes nervados.....	52
Figura 44. Diámetros a 0 y a 90 para cada uno de los estudios analizados.....	56
Figura 45. Variables importantes inyección.....	58
Figura 46. Ciclo de inyección.....	58
Figura 47. Hoja de proceso inyectora con parámetros orientativos.....	59
Figura 48. Cámara de caldeo y molde.....	59
Figura 49. Tendencias diámetros plásticos estudio 08/04/2015.....	60

Figura 50. Carga de deslizamiento y diámetros estudio 08/04/2015.....	61
Figura 51. Conclusiones inyección.....	66
Figura 52. Layout estirado de hembras.....	67
Figura 53. Parámetros estirado bancos L1.....	68
Figura 54. Diámetros hembra bancos izquierdo y derecho L1.....	68
Figura 55. Diámetros hembra L3.....	69
Figura 56. Rechazo incorrecta carga deslizamiento con registro hembras.....	72
Figura 57. Secuencia imágenes agarre brazo robot línea de estirado.....	73
Figura 58. Conclusiones eje hembra.....	74
Figura 59. Diagrama Ishikawa con color.....	76
Figura 60. Lavadora industrial con cinta transportadora.....	80
Figura 61. Matriz de decisión y criterios.....	80
Figura 62. Impacto propuesta reducir variabilidad L3.....	81
Figura 63. Layout fábrica.....	83
Figura 64. Nivel de importancia elementos análisis (al principio vs al final).....	86

8.2. Índice de tablas.

Tabla 1. Desglose defectos CARE.....	13
Tabla 2. Datos patrón serie temporal.....	16
Tabla 3. Costes unitarios juntas rechazadas según puesto.....	18
Tabla 4. Coste del rechazo B2E/B562.....	18
Tabla 5 .Variaciones eje macho hipótesis partida.....	19
Tabla 6 .Verificación supuesto partida ejes hembras	21
Tabla 7. Resumen experimento.....	30
Tabla 8. Diámetros metálicos ejes machos.....	32
Tabla 9. Comparación ovalidades ejes macho.....	37
Tabla 10. Fosfatado sospechoso.....	45
Tabla 11. Resumen de causas laminación.....	48
Tabla 12. Resumen de causas transfer.....	50
Tabla 13. Capacidad de proceso diámetro medio según periodo.....	51
Tabla 14. Artificio holguras.....	53
Tabla 15. Holguras estimadas.....	54
Tabla 16. Resumen estudios inyección.....	55
Tabla 17. Propiedades polímero inyección.....	57
Tabla 18. Diámetros metálicos y plásticos estudio 08/04/2015.....	62
Tabla 19. Diámetros medios por anillo estudio 08/04/2015.....	62
Tabla 20. Estudio estrechamiento hembras.....	70
Tabla 21. Registro diámetros hembras con problemas.....	72
Tabla 22. Comparativa V-362 y B2E diseño suavizadora de expansión.....	84
Tabla 23. Coste de personal proyecto y desglose tiempo autor.....	87
Tabla 24. Coste material proyecto.....	88
Tabla 25. Coste total proyecto.....	88

8.3. Anexo a tablas de datos.

8.3.1. Tabla de datos rechazos.

Los datos se han recogido del seguimiento de rechazos de la línea ubicados en el intranet de la fábrica. Las siguientes tablas han sido realizadas exclusivamente en base a esos datos.

Rechazo de prensa (serie)										
Días	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
1	242	302		269				114		81
2	137	324		125	63	85	402			389
3	187	385	130	39		73	631			93
4	192		69	135		193	180		199	
5	271		95	35	175	293	38		507	
6		103	297			210	66	520	560	
7		142	114		138			399	192	
8	242	129			58			542	459	13
9	141	186		80	222	194	88	482		180
10	171	128	41	171		177	220	75		80
11	109		0	21		241	183		35	67
12	200		124	169	87	138	176		241	30
13		102	124		130	170	71	557	322	
14		102	119		202			430	279	
15	187	169		151	105			1011	160	126
16	161	154		190	139	202	201	1080		124
17	131	165	150	306		269	100	226		20
18	161		39	19		115	182		440	111
19	419		23	49	188	68			1000	19
20		222	79		47	89	171	498	692	
21		413	59		61			149	733	
22	121	226		22	47			316	22	
23	142	74			120	359	135	67		
24	258	162	319			201	283	105		90
25	76		86			474	476		123	
26	302		194		55	186	287		204	125
27		80	149		66	339	67	162	166	
28		169	36		140			282	440	
29	483	292			50			38	182	100
30	172	95			111		47	4		67
31		81					143			
Cantidad mensual	4505	4205	2247	1781	2204	4076	4147	7057	6956	1715

Suavizado de alta										
Días	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
1	328	912		427				553		486
2	592	611		403	763	418	726			958
3	374	229	741	369		404	762			452
4	316		247	298		250	455		489	
5	453		707	107	768	468	594		306	
6		207	630			451	554	830	576	
7		163	205		536			1092	298	
8	661	334			381			1303	49	366
9	407	193		342	632	175	376	514		596
10	194	164	240	42		273	897	206		611
11	701		0	319		911	524		276	429
12	1099		299	288	556	379	642		313	606
13		335	340		883	441	797	539	480	
14		466	314		596			847	524	
15	689	527		141	250			888	315	405
16	738	110		483	357	242	1014	1259		559
17	631	320	95	255		358	1001	114		403
18	541		98	220		430	613		779	340
19	715		151	115	496	403			1014	260
20		1001	72		646	462	644	530	825	
21		857	129		581			72	737	
22	537	391		13	344			178	110	
23	804	342			344	692	613	414		
24	351	218	738			402	1151	210		383
25	456		300			784	988		1696	
26	912		406		454	430	469		456	381
27		189	206		219	857	329	267	424	
28		503	113		421	0		408	646	
29	842	573			426			315	126	511
30	596	264			439		316	315		667
31		423					658			
Cantidad mensual	12937	9332	6031	3822	10092	9230	14123	10854	10439	8413

Suavizado de baja										
Días	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
1	61	14		158						
2	13	8		24	22	85	46			
3	15	20	27	74		54	88			
4	9		24	12		170	5		3	
5	45		8	16	25	58	40	487	10	
6		3	22			110	11	259	11	
7		0	65		9			596	4	
8	40	0			11			290	6	6
9	29	22		11	22	17	0	18		10
10	14	43	50	2		12	27			1
11	7		0	10		0	110		8	
12	35		20	10	32	144	69	441	7	1
13		2	26		33	116	14	353	3	
14		3	53		72			217		
15	21	1		13	12			54		51
16	9	11		21	5	98	10	0		14
17	11	30	25	38		255	1			
18	19		25	31		135	12			24
19	25		12	10	41	11		3		52
20		32	7		42	18	12	0		
21		7	22		43			3	2	
22	7	1			122			4	2	
23	6	5			63	27	297	0		
24	26	2	62			45	271			103
25	1		176			61	416			
26	14		2		3	127	2	1	23	73
27		5	17		86	29	5	2	1	
28		11	24		97	0		0	1	
29	1	8			76			1		8
30	1	13			96		70			
31	0	30					95			
Cantidad mensual	409	271	667	430	912	1572	1601	2729	81	343

Care (bajas, saltos, deslizamiento)										
Días	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
1		4								
2						3				4
3		10		5		2	5			2
4				1					2	
5	8		10				2		1	
6										
7					3					
8	1			1	2					
9		19				6				
10		3								3
11						1				
12						2				1
13								32		
14										
15		5						11		2
16				1		1		6		
17		4				1	2	3		6
18	12					1				
19						1				
20		9				1			1	
21										
22	2	2						1		
23	1									
24	19	1								1
25										
26	7									1
27						3				
28										
29										3
30					1					1
31										
Cantidad mensual	50	57	10	8	6	22	9	53	4	24

Rechazo de rigidez										
Días	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
1								7		7
2							25			24
3		28					1			10
4						13	1		8	
5				4			5		3	
6		7					7	12	1	
7								39	32	
8	3							22	8	3
9		1		3		8	2	2		4
10	4	1		1		9	15	14		2
11	2					14	7		15	1
12	3					2	10			3
13					1	2	5	5		
14		1						9		
15	2								2	22
16	15					58	13			2
17	5					19				5
18	30					16	20		18	1
19	5					4			3	2
20						5	10	6	13	
21								3	48	
22	1									
23							15	10		
24	6					6		1		11
25						7	47		3	
26	1					14				12
27						27	11	31		
28					123	24		32	1	
29					7			2		1
30	4				1		1037	5		15
31							18			
Cantidad mensual	81	38	0	8	132	228	1249	200	155	125

Rechazo de alineación										
Días	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
1										
2		12					1			
3				1		1				
4						1	1			
5				1						
6		6				1	2			
7			8							
8	2							1		6
9	1					4	2			
10						1	2			
11									1	1
12			4			2	7			
13			2			5	2	1	8	
14									5	
15				2					1	2
16	1					8	3			
17	1					3		1		
18	4						3			
19			2							
20						2	4		1	
21								6	3	
22	1									
23	2	2								
24							5			
25							2		1	
26	1					3	2			
27						5	1	17		
28						1				
29					2				1	
30					1					
31							2			
Cantidad mensual	13	20	16	4	3	37	39	26	21	9

Rechazo de prensa L3 - ALTAS DE CARGA										
CANTIDAD MENSUAL	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
	1355	361	204	75	582	157	663	242	98	548

RECHAZOS POR INCORRECTA CARGA DE DESLIZAMIENTO :PRENSA L3(ALTA DE CARGA)+ CARE (DESLIZAMIENTO Y BAJA DE CARGA)										
CANTIDAD MENSUAL	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15
	1405	418	214	83	588	179	672	295	102	572

8.3.2 Tabla comparativa clavado.

Geometría diámetro metálico macho: Laminado vs Clavado	
A	Fecha laminación: 29/04/2015 Proveedor: ¿? Observaciones:
	Observaciones: Transfer rechaza 1 pieza ZONA 1 ZONA 2 ZONA 3 ZONA 4 ZONA 5
	A 0° A90° A0° A90° A 0° A90° A0° A90° A0° A90° μ σ max min R
	563 552 520 543 517 538 551 549 556 570 546 17 570 517 53 556 560 516 538 519 535 544 551 553 556 543 16 560 516 44 550 551 512 525 512 524 543 545 547 557 537 17 557 512 45 549 547 513 531 515 529 546 547 562 558 540 17 562 513 49
	568 560 523 543 516 535 560 548 562 570 549 19 570 516 54 570 570 526 544 526 532 560 560 566 565 552 18 570 526 44 566 566 523 530 525 531 561 550 560 564 548 18 566 523 43 561 555 521 530 523 526 564 550 573 564 547 20 573 521 52
B	Fecha laminación: 17/06/2015 Proveedor: Kalibre Boru Observaciones:
	Observaciones: Transfer rechaza 1 pieza ZONA 1 ZONA 2 ZONA 3 ZONA 4 ZONA 5
	A 0° A90° A0° A90° A 0° A90° A0° A90° A0° A90° μ σ max min R
	548 524 511 491 510 495 535 524 552 542 523 21 552 491 61 544 529 511 509 505 504 533 527 543 547 525 17 547 504 43 545 537 506 510 511 501 537 530 549 548 527 19 549 501 48 541 520 510 497 507 500 536 515 541 524 519 16 541 497 44
	562 541 516 500 522 494 559 531 567 533 533 25 567 494 73 558 557 508 523 514 506 561 539 555 552 537 22 561 506 55 557 545 513 512 515 495 553 537 553 547 533 22 553 495 58 558 541 510 495 515 490 559 521 546 526 526 24 559 490 69
C	Fecha laminación: 26/06/2015 Proveedor: Kalibre Boru Observaciones:
	Observaciones: Transfer rechaza 1 pieza (nº 4) ZONA 1 ZONA 2 ZONA 3 ZONA 4 ZONA 5
	A 0° A90° A0° A90° A 0° A90° A0° A90° A0° A90° μ σ max min R
	558 528 515 513 513 503 555 522 562 543 531 22 562 503 59 562 541 524 518 526 511 558 533 555 540 537 18 558 511 47 553 542 520 518 522 515 552 540 548 542 535 15 552 515 37 545 536 518 508 517 513 548 534 556 541 532 17 556 508 48
	573 574 523 528 538 544 581 553 590 564 557 23 590 523 67 576 569 527 530 529 525 570 551 564 568 551 21 570 525 45 597 600 553 537 542 533 603 577 568 580 569 27 603 533 70 581 595 539 533 534 530 583 568 565 568 560 24 595 530 65
D	Fecha laminación: 29/07/2015 Proveedor: ?? Observaciones:
	Observaciones: ZONA 1 ZONA 2 ZONA 3 ZONA 4 ZONA 5
	A 0° A90° A0° A90° A 0° A90° A0° A90° A0° A90° μ σ max min R
	531 526 507 504 513 500 532 520 548 530 521 15 548 500 48 531 516 504 498 507 496 530 514 535 524 516 14 535 496 39 531 520 500 499 510 497 534 515 535 526 517 15 535 497 38 545 513 509 500 508 496 541 519 545 531 521 19 545 496 49
	544 546 511 506 518 504 556 530 552 547 531 20 556 504 52 550 539 514 501 508 500 557 531 560 530 529 23 560 500 60 546 536 514 504 519 503 564 524 555 538 530 21 564 503 61 555 535 510 508 516 500 551 526 557 523 528 21 557 500 57
E	Fecha laminación: 11/08/2015 Proveedor: Sidertube Observaciones:
	Observaciones: ZONA 1 ZONA 2 ZONA 3 ZONA 4 ZONA 5
	A 0° A90° A0° A90° A 0° A90° A0° A90° A0° A90° μ σ max min R
	561 561 534 548 547 558 565 567 574 575 559 13 575 534 41 568 541 526 534 532 531 557 550 570 557 547 16 570 526 44 568 577 541 563 537 559 562 582 577 596 566 18 596 537 59 568 572 545 560 539 561 565 576 578 587 565 15 587 539 48 512 536 496 510 501 505 513 528 514 530 515 13 536 496 40
	580 579 558 560 551 552 569 577 579 591 570 14 591 551 40 587 570 548 548 551 546 565 571 581 577 564 15 581 546 35 579 577 559 555 550 558 568 575 582 597 570 15 597 550 47 574 588 545 565 554 563 577 594 586 596 574 17 596 545 51 582 570 546 541 549 548 571 572 575 585 564 16 585 541 44
F	Fecha laminación: 12/08/2015 Proveedor: Sidertube Observaciones:
	Observaciones: ZONA 1 ZONA 2 ZONA 3 ZONA 4 ZONA 5
	A 0° A90° A0° A90° A 0° A90° A0° A90° A0° A90° μ σ max min R
	515 543 501 539 509 549 518 556 527 569 533 22 569 501 68 572 582 539 534 539 545 563 560 579 570 558 18 582 534 48 584 596 560 565 560 566 579 571 578 586 575 12 596 560 36 581 565 557 539 563 545 567 550 579 571 562 14 579 539 40 577 581 564 552 550 553 583 571 602 589 572 17 602 550 52
	582 573 553 584 553 580 569 590 577 622 578 20 622 553 69 585 578 545 565 549 561 571 574 578 580 569 14 587 545 42 602 569 566 558 567 568 589 581 588 581 577 14 589 558 31 587 573 552 549 556 550 576 556 585 579 566 15 585 549 36 583 573 549 551 552 542 571 557 585 577 564 16 585 542 43

Variación CLAVADO VS LAMINADO										
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		
A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	
5	8	3	0	-1	-3	9	-1	6	0	
14	10	10	6	7	-3	16	9	13	9	
16	15	11	5	13	7	18	5	13	7	
12	8	8	-1	8	-3	18	3	11	6	

Variación CLAVADO VS LAMINADO										
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		
A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	
14	17	5	9	12	-1	24	7	15	-9	
14	28	-3	14	9	2	28	12	12	5	
12	8	7	2	4	-6	16	7	4	-1	
17	21	0	-2	8	-10	23	6	5	2	

Variación CLAVADO VS LAMINADO										
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		
A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	
15	46	8	15	25	41	26	31	28	21	
14	28	3	12	3	14	12	18	9	28	
44	58	33	19	20	18	51	37	20	38	
36	59	21	25	17	17	35	34	9	27	

Variación CLAVADO VS LAMINADO										
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		
A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	
13	20	4	2	5	4	24	10	4	17	
19	23	10	3	1	4	27	17	25	6	
15	16	14	5	9	6	30	9	20	12	
10	22	1	8	8	4	10	7	12	-8	

Variación CLAVADO VS LAMINADO										
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		
A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	
19	18	24	12	4	-6	4	10	5	16	
19	29	22	14	19	15	8	21	11	20	
11	0	18	-8	13	-1	6	-7	5	1	
6	16	0	5	15	2	12	18	8	9	
70	34	50	31	48	43	58	44	61	55	


Variación CLAVADO VS LAMINADO										
ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4		ZONA 5		
A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	A 0°	A 90°	
67	30	52	45	44	31	51	34	50	53	
13	-4	6	31	10	16	8	14	-1	17	
18	-27	6	-7	7	2	10	10	10	-5	
6	8	-5	10	-7	5	9	6	6	8	
6	-8	-15	-1	2	-11	-12	-14	-17	-12	

Geometría diámetro metálico macho: Laminado vs Clavado		Tamaño de la muestra
En general:		26
16,57 Aumenta en promedio -4,97 Disminuye en promedio		
Proveedor	Kalibre Boru	8
	18,45 Aumenta en promedio -2,29 Disminuye en promedio	
	Sidertube	10
Sin determinar	20,57 Aumenta en promedio	
	10,67 Aumenta en promedio	8

8.4. Anexo a fichas de datos (rellenas)

1.1

HECHOS RELEVANTES


ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

since 1929
 THE BEST
 ENGINEERING TEAM
 AT YOUR SERVICE

PROBLEMA SUNTA CLAVADA (MAYOR PROBLEMA DE DESLIZAMIENTO BU ENTRADA)

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta 1 **Tipo** B2E **Fecha de recogida** 12-03-2015

PROBLEMA SUNTA CLAVADA (MAYOR PROBLEMA DE DESLIZAMIENTO BU ENTRADA)

Visual

¿Problemas de inyección? Flecos
 ¿Arañazos en eje macho? Sí, longitudinalmente a dentado
 ¿Marca de abocardado (eje/horquilla)?/Flexión eje por abocardado ok? HAYCA EN ESE HACHO Y EN HORQUILLA VASO HEMBRA
 ¿Golpe en dentado macho? GOLPE EN ESE HACHO (M5)
 ¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? Sí.

Otros:

Previo

¿Pin insertado? Sí **NO**
 Cobertura grasa NO **TOTAL** **MEDIA** **NULLA**

Mediciones

Diámetros (mm):

	Plástico	Media	Metal	media (s/esp.)	media
0º	569	590	597	540	485
90º	574	589	583	506	477
Ovalos	5	1	14	84	8

Ranurados (si ovalo)

	Diámetros (mm)	Longitudes (mm)

Longitudes subconjuntos (mm):

	SUB. MACHO	SUB. HEMBRA
Ángulos (º):		
Laminación mal ángulo clavado	(si)	
	MACHO	HEMBRA
	11563	0854
Clavado		
	SUB. MACHO	SUB. HEMBRA
	22510	11896

Comparación

Hembra ☒ con otros machos (sin inyectar): (S/S) NO B2E

Macho ☒ con otras hembras (antes de quitar plástico): NO VERIFICADO

Retirada plástico

Sin anillo — **Con su hembra** **Deslizamiento OK?** **Con otras hembras**

Sin anillo — **Con su hembra** **Deslizamiento OK?** **Con otras hembras**

Sin anillos

Conclusión inyección: ¿Problema?

NO VERIFICADO

SIN ANILLOS DE INYECCIÓN DESLIZAMIENTO OK, YA NO SE CLAVA PERO DESLIZA CON DIFICULTAD.

1.2

Verificación
controles
hembras



Orientación
alineado pin



C-01026 (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

C-0292 (Útil estriado)

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

Zona Pin	Zona central	Zona cierre cuello
Entrada: NP	P Y NP	P
Resto: —		

P

Designación controles	
P	Pasa OK
PD	Pasa Duro
PMD	Pasa muy duro
NP	No Pasa

ANÁLISIS:

- EJE MACRO || GRAN DUBIO ANILLOS M4, M4 y M5.
|| GOLPE EN DENTADO (M5)

En un primer momento se piensa que el problema proviene del golpe en el dentado. Se piensa que al calibrar junta se produce un golpe en M5 y debido a que no existe plástico cercano a esa zona para absorber impacto se deforma el canal de deslizamiento davanti la junta. Para comprobar hipótesis se lima golpeado con lija triangular. Tras limado sigue deslizando igual. Se descarta golpe dentado como causa raíz.

- Inyección o sin óvalo y dentro tolerancias. DESCARTADO.

- EJE MATERIA || ÓVALO ENTRADA muy DEFECTUOSA HASTA ZONA MEDIA

Al compararla con otros ejes machos no presenta problemas, por tanto, aunque el eje está deformado (las indicies apuntan que por calibración) descartamos eje hembra como causa raíz.

CONCLUSIÓN:

El óvalo causado el eje macho (M4, M4, M5) impide calibración junta, al intentar bajar carga conformando hembra (deformación) se da un golpe de punta que daña definitivamente.

— DUBIO EJE MACRO.

2.1

HECHOS RELEVANTES

CSH since 1929 THE BEST ENGINEERING TEAM
CASTELLÓN AUTOMOTIVE AT YOUR SERVICE

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta 2 Tipo B2E Fecha de recogida 25/03/2015

PROBLEMA SALTOS EN DESLIZAMIENTO

Previo

¿Pin insertado? ☒ SI ☐ NO

Cobertura grasa Macho: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA
Hembra: ☐ TOTAL ☒ MEDIA ☐ NULA

M1 M2 M3 M4 M5

Visual

¿Problemas de inyección? Flecos

¿Arañazos en eje macho? SI. DE DOS TIPOS: I) LONGITUDINALES A DENTADO, II) TRAQUETE/O DISCONTINUOS SEGÚN LÍNEA

¿Marca de abocardado (eje/horquilla)?/¿Flexión eje por abocardado OK? MARKA EN ESTE MACHO

¿Golpe en dentado macho? GOLPE EN ESTE HACHO (PERO LEVE, EN M1)

¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? NO. NO ENTRA DEL TODO (NO BASTA)

Otros: RECHUTES EN ZONA LLENADO PLASTICO

Diámetros (mm):									
EJE MACHO 25, ---									
Plástico			Media	Metal				media (s/esp.)	media: 483
A	B	C	M1	M2	M3	M4	M5		
0º	584	604	624	519	480	469	513	535	
90º	582	582	584	490	420	437	486	502	
Ovalos	6	17	27	49	60	32	27	33	

EJE HEMBRA 22, ---

Zona pin 475

¿Tendencias distintas? NO VERIFICANDO

Mediciones

Ranurados (si óvalo)

Longitudes subconjuntos (mm):

Ángulos (º):

Laminación mal ángulo clavado (si)

Clavado

SUB. MACHO SUB. HEMBRA

SUB. MACHO SUB. HEMBRA

2019920 413852

Comparación

Hembra 2 con otros machos (sin inyectar): SIGUE DESLIZANDO MAL (ROZAR) PERO MENOS

Macho 2 con otras hembras (antes de quitar plástico): NO VERIFICADO

Retirada plástico

Sin anillo --- Con su hembra ?Deslizamiento OK?

Sin anillo ---+ Con otras hembras

Sin anillos

Conclusión inyección: ¿Problema?

NO VERIFICADO

SIN NINGÚN ANILLO DE INYE

DESLIZAMIENTO OK.

ROZA DE MANERA DISCONTINU

CLAVA AL FINAL

2.2

Verificación
controles
hembras



Orientación
alineado pin



C-0102G (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

Zona Pin

P

Zona central

P

Zona cierre
cuello

NP

C-0292 (Útil estriado)

Entrada:

NP

Resto:

—

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

P

Designación controles

P Pasa OK

PD Pasa Duro

PMD Pasa muy duro

NP No Pasa

ANÁLISIS:

• EJE MADRO : CAUSA VITAL DEFORMACIÓN

- Dentado dañado H1 (se lima y sigue igual)
- Diámetros exagerados, punto máximo 60 en N12.
- No hay de todo en útil medir diámetros
- Diámetros fuera de especificación mínima.

• SUGERCIÓN : los datos en los diámetros plásticos se deben a deformación madro. Desgastado

• EJE HEMBRA : CAUSA VITAL (¿?)

- Diámetros fuera de especificación máxima
- Al cuerpos deslizamiento con otros ejes machos N12.
- No preseta codo en entrada (calibre externo) pero no pasa calibre estriado.

CONCLUSIÓN:

Combinación de madro en diámetros cercanos a mínimos y muy deformada sección transversal en eje hembra fuera de especificación máxima (y según dno problema no detectado).

3.1

HECHOS RELEVANTES



ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta 3 Tipo B2E Fecha de recogida 25/03/2015
PROBLEMA JOINTA CLAVADA

Pin insertado? ☒ SI ☐ NO
Macho: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA
Hembra: ☐ TOTAL ☒ MEDIA ☐ NULA

¿Problemas de inyección? Flecos
¿Arañazos en eje macho? NO

¿Marca de abocardado (eje/horquilla)?/Flexión eje por abocardado ok? NARCA EN ESTE MACHO Y EN H. VASO HEMBRA
¿Golpe en dentado macho? NO

¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? NO. NO ENTRA COMPLETAMENTE
Otros:

Diámetros (mm):

	Plástico	Media	585	Metal	25	EJE MACHO
	A	B	C	M1	M2	media (s/esp.)
0º	587	596	612	530	485	478
90º	589	595	531	505	483	486
Ovalos	2	4	81	25	22	412
						425
						445
						472

EJE HEMBRA	22
Zona pin	474
¿Tendencias distintas?	NO VERIFICADO

Mediciones

Ranurados (si óvalo)

22.113	22.113	22.115
22.111	22.112	22.069

Diámetros (mm)

Φ ranurados = 22.122mm

Longitudes subconjuntos (mm):

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

Ángulos (°):

laminación (si) MACHO HEMBRA

Clavado SUB. MACHO SUB. HEMBRA

90.556 1.896

Comparación

Hembra 3 con otros machos (sin inyectar): DESPLIZA ROZANDO EN PRIMEROS CICLOS (SUAVIZADO) DESPUES OK (5/5)
Macho 3 con otras hembras (antes de quitar plástico): NO VERIFICADO

Retirada plástico
Sin anillo —
Sin anillo +
Sin anillos

Con su hembra

¿Deslizamiento OK?

Con otras hembras

conclusión inyección: ¿Problema?
NO VERIFICADO
SIN ANILLOS DE INYECCIÓN DESLIZA+
MIENTO NOK. ESTE MACHO CON OTRAS
HEMBRAS ENTRA PERO A PARTIR DE
2000 LA GRITA NO AVANZA MÁS (5/5)

3.2

Verificación
controles
hembras



Orientación
alineado pin

C-0102G (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

C-0292 (Útil estriado)

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

Entrada:	Resto:
Zona Pin (cuello) NP	Zona central (cuello) PD
Zona cierre (cuello) NP	Resto: PD hasta (P) que se daña

(Kilovolt
comprueba esto)



ANÁLISIS:

- EJE MACHO : CAUSA ÚTIL DEFORMACIÓN
 - Diámetro en todos los anillos metálicos (máximos de 84 y 72 en zona final)
 - Diámetro promedio en ranuras enorme (22'12 mm) El conector es 22'04 mm
 - Se daña en otras hembras
- Sugestión : Óvalo en plástico C se debe a deformación macho. Descartada.
- EJE HEMBRA : CAUSA POSIBLE.
 - En (P) debe presentar estrechamiento. No se puede deducir causa. Aunque se descartó calibración por calibre externo verifica OK ; posible deformación cables por óvalos macho. Nota: estrechamiento deducido por paso calibre estriado y verificación con otros machos.
 - Diámetro interno fuera de especificación máxima.

CONCLUSIÓN:

Problema derivado de DUREZA EJE MACHO (ZONA FINAL 279 ÓVALO).

CSA since 1929
THE BEST ENGINEERING TEAM
AT YOUR SERVICE
CASTELLÓN AUTOMOTIVE

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta 4 Tipo B2E Fecha de recogida 8/04/2015

PROBLEMA JUNTA CLAVADA



Previo

¿Pin insertado? ☒ SI ☐ NO

Cobertura grasa Macho: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA

Hembra: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA

Visual

¿Problemas de inyección? FLECOS Y QUEMADURAS

¿Arañazos en eje macho? GOLPES DISCONTINUOS ALINEADOS

¿Marca de abocardado (eje/horquilla)? NO ¿Flexión eje por abocardado ok? SI

¿Golpe en dentado macho? NO

¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? SI

Otros: HUELA SECUNDARIA NOR (EJE MACHO)

Diámetros (mm):

	EJE MACHO 25,---				
	Plástico * Media 604				
	A	B	C	M1	M2
0º	586	606	625	530	504
90º	599	606	608	522	511
Ovalos	13	0	32	8	7

	EJE HEMBRA 22,---	
	Zona pin	470
	¿Tendencias distintas?	NO

Mediciones

Ranurados (si óvalo)

22.18	22.18	22.11
22.20	22.11	22.06

Diámetros (mm)

Longitudes (mm)

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

Ángulos (º):

Laminación (si)

MACHO

HEMBRA

Clavado

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

Comparación

Hembra 4 con otros machos (sin inyectar): NO ENTRA SE CLAVA

Macho 4 con otras hembras (antes de quitar plástico): DESLIZAMIENTO NO OK, SIGUE ROZANDO Y HAY UNO BUZONA FINE CLAVADO AL FINAL

	Con su hembra	¿Deslizamiento OK?	Con otras hembras
Retirada Sin anillo <u>C</u>	NO		NO
Retirada Sin anillo <u>C+A</u>	NO		NO
Retirada Sin anillos	NO		NO

* Especificación (a partir de 2710312015)

25'580mm ≤ Ø plástico ≤ 25'610mm

Conclusión inyección: ¿Problema? NO.

SIN ANILLOS DE INYECCIÓN

DESLEZAMIENTO NO OK.

4.2

Verificación
controles
hembras



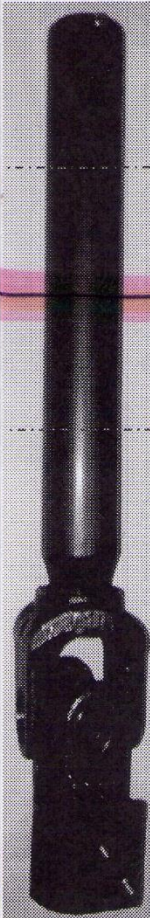
Orientación
alineado pin

C-0102G (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

C-0292 (Útil estriado)

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

Entrada:	Resto:
Zona Pin	Zona central
P	P
P	P
	Zona cierre cuello
	NP
	NP



Designación controles

P	Pasa OK
PD	Pasa Duro
PMD	Pasa muy duro
NP	No Pasa

ANÁLISIS:

- EJE MADRO : DEFECTO VARIACIÓN (CAUSA VITAL) | - HUELTA SECUNDARIA MAL MECANIZADA
Cuando limamos MS bajo la carga de desbastamiento y al reducir la interferencia de la huelta mal mecanizada se reduce mas. Aunque sigue notando.
- INYECCIÓN : No se puede descartar puesto que un diámetro plástico a 25'625 aumenta mucho la carga. Causa posible.
- EJE HEMBRA : Causa posible
 - Compensación con otros ejes machos si no entra.
 - Calibre estriado se daña en zona media.
 Se cree que el eje hembra está deformado pero no se puede confirmar causa.

CONCLUSIÓN:

Compatibilidad eje macho mal terminado (huelta y dentado nov), inyección decaída (25'623) y eje hembra con problemas indefinidos.

5.1

CSH since 1929
THE BEST ENGINEERING TEAM
AT YOUR SERVICE
CASTELLÓN AUTOMOTIVE

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta 5 Tipo B2E Fecha de recogida 08/04/2015

PROBLEMA JOINTA CLAVADA

¿Pin insertado? ☒ SI ☐ NO

Cobertura grasa Macho: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA
Hembra: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA

M1 M2 M3 M4 M5

¿Problemas de inyección?

¿Arañazos en eje macho? SI, ARAÑAZOS LONGITUDINALES A HUELA

¿Marca de abocardado (eje/horquilla)? ¿Flexión eje por abocardado ok? HARCA EN ESE MACHO (POCO FLECTADO)

¿Golpe en dentado macho?

¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? REGULAR

Otros:

Diámetros (mm):

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		
		A	B	C	M1	M2
0º		615	611	624	574	557
90º		597	602	608	563	535
Ovalos		18	9	16	11	22

		EJE HEMBRA 22, ---				
		Plástico	Media	Metal		
		A	B	C	M1	M2
0º		615	611	624	574	557
90º		597	602	608	563	535
Ovalos		18	9	16	11	22

Mediciones

Ranurados (si óvalo)	22'20	22'04	22'11
	22'15	22'08	22'11

Diámetros (mm)

Longitudes subconjuntos (mm):

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

Ángulos (º):

Laminación mal ángulo clavado	(si)	MACHO	HEMBRA

Clavado

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

21'5140

1'3730

Comparación

Hembra 5 con otros machos (sin inyectar): 1º CIERRE BORDO UN POCO, SUCESIVAS OK

Macho 5 con otras hembras (antes de quitar plástico): ZONA HS MAL (1/5) NO ENTRA (4/5)

Retirada plástico

Retirada plástico	Con su hembra	¿Deslizamiento OK?	Con otras hembras
Sin anillo <u>—</u>			
Sin anillo <u>—</u> +			
Sin anillos			

Conclusión inyección: ¿Problema?

NO VERIFICADO

RETIRADOS TODOS LOS ANILLOS DESLIZAMEN

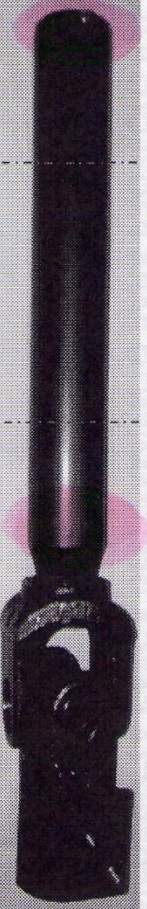
HECHOS PREVIANTES

5.2

Verificación
controles
hembras



Orientación
diseño pin



C-01026 (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

C-0292 (Útil estriado)

Zona Pin (cuello)	Zona central	Zona cierre cuello
P	P	NP
NP	NP	NP

Entrada:

PD

Resto:

P

P

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

Designación controles	
P	Pasa OK
PD	Pasa Duro
PMD	Pasa muy duro
NP	No Pasa

ANÁLISIS:

• Inyección

Puesto que al retirar el plástico la junta no presentaba problemas de deslizamiento supusimos que el problema se podría deber a una inyección alta. Para comprobar la hipótesis reinyectamos el eje con unos parámetros mas bajos, los medidos concretos con la misma inyección fueron:

582 | 572 | 594
 562 | 574 | 573
 (20) (21) (21)
 - ϕ plástico = 2556 mm.
 (Rajeta de 37 μ m)

Con la nueva inyección la junta se sigue dañando: CAUSA POSIBLE

• EJE MACHO: CAUSA RAÍZ

- Diámetros fuera de especificación en M4, M4 y M5.
- Oculos en M4 y M5.

• EJE HEMBRA

Entrada	oculada
Medio	oculada
Cerca	quebrado

CONCLUSIÓN:

El eje macho es el culpable de la avería, al inyectar se revela problema. El deslizamiento se detecta por deformación hembra en zona final (posiblemente por calibración por parte útil estrado en esa zona etc.). Aunque se reinyecta la deformación del eje hembra por la anterior calibración de este eje macho se daña con otras hembras: CAUSA RAÍZ (sección deformada)

6.1

HECHOS RELEVANTES



since 1929
THE BEST
ENGINEERING TEAM
AT YOUR SERVICE
CASTELLÓN AUTOMOTIVE

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta 6 Tipo B2E Fecha de recogida 06/05/2015

PROBLEMA JUNTA CLAVADA

¿Pin insertado? SI (NO)
Cobertura grasa Macho: TOTAL (MEDIA) NULA
Hembra: TOTAL (MEDIA) NULA



¿Problemas de inyección? Flecos cercanos a key
¿Arañazos en eje macho? SI, HARCAS DISCONTINUAS ALINEADAS Y ARAÑAZOS LONGITUDINALES
¿Marca de abocardado (eje/horquilla)?/¿Flexión eje por abocardado ok? LEVE HARCA EN ESTE MACHO II MARCA EN H. VASO ESTE HEMBRA
¿Golpe en dentado macho? SI, GOLPE EN DENTADO ESTE MACHO (200X) ALINEADO CON GRIPADO.
¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? ENTRA BIEN, PERO SE CLAVA UN POCO (CUESTA SACARLO DEL UTIL)

Otros:

Diámetros (mm):

		Plástico		Metal		Media (s/esp.)		mediaT	
		A	B	C	M1	M2	M3	M4	M5
Ovalos	0e	612	611	621	564	523	530	558	562
	90e	596	591	598	563	542	531	556	561
Ovalos		16	20	23	1	21	1	1	1

EJE HEMBRA 22,---	
Zona pin	453
¿Tendencias distintas?	NO
453, 453, 454	
455, 455, 456	

Mediciones

Ranurados (si ovalo)

Diámetros (mm)	
Longitudes (mm)	

Longitudes subconjuntos (mm):

SUB. MACHO
SUB. HEMBRA

Ángulos (°):

Laminación (si) MACHO
mal ángulo clavado) HEMBRA

Clavado

SUB. MACHO
SUB. HEMBRA

22°203
0°833

Comparación

Hembra 61 con otros machos (sin inyectar): OK (5/5)

Macho 61 con otras hembras (antes de quitar plástico): SE CLAVA (3/5)

Retirada plástico	
Sin anillo <u>B</u>	Con su hembra <u>NOK</u>
Sin anillo <u>B + A</u>	YALVO SE CLAVA PERO SIGUE ROZANDO
Sin anillos <u>OK (ROZA UN POCO)</u>	

Conclusión inyección: ¿Problema? POSIBLE

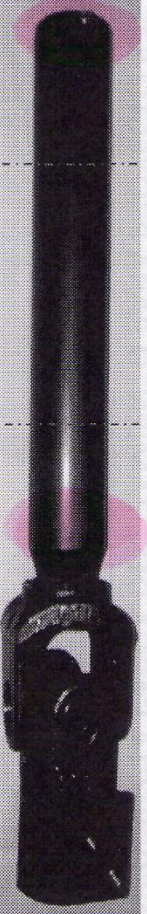
SIN ANILLOS DE INYECCIÓN
DESPLAZAMIENTO OK ANUNDE
CON CUESTA CARGA.

6.2

Verificación
controles
hembras



Orientación
alineado pin



C-01026 (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

C-0292 (Útil estriado)

Zona Pin (cuello)	Zona central	Zona cierre cuello
P NP	P NP	NP NP
Entrada:	Resto:	
PD	P	

P

Designación controles	
P	Pasa OK
PD	Pasa Duro
PMD	Pasa muy duro
NP	No Pasa

ANÁLISIS:

• Inyección

Puesto que al retirar el plástico la junta no presentaba problemas de deslizamiento supusimos que el problema se podría deber a una inyección alta. Para comprobar la hipótesis reinyectando el eje con unos parámetros mas bajos, las medidas concretas con la nueva inyección fueron:

592 | 532 | 594
 502 | 514 | 513
 (10) (2) (21)
 - Plástico = 2556 mm.
 (Bajada de 37µm)

Con la nueva inyección la junta se sigue dañando : CAUSA RESIDUE

• EJE MACHO : CAUSA RAIZ
 - Diámetros fuera de especificación en M3, M4 y M5.
 - Cúmulos en M4 y M5.

• EJE HEMBRA :
 Enroscado
 Causa RESIDUE
 Causa MEDIO
 Causa CUELLO

CONCLUSIÓN:

El eje hembra es el más afectado en el ensayo, al inyectar se revela problema. El deslizamiento se detecta por deformación hembra en zona final (posiblemente por calibración por parte útil estriado en esa zona). Aunque se reinyecta la deformación del eje hembra por la anterior calibración del eje macho se daña con otras hembras: CAUSA RAIZ (sección deformada)

7.1

Checks relevantes

CSH since 1929 THE BEST ENGINEERING TEAM AT YOUR SERVICE
CASTELLON AUTOMOTIVE

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta 7 Tipo B26 Fecha de recogida 06/05/2015

PROBLEMA UNTA CLAVADA

Previo

¿Pin insertado? ☒ SI ☐ NO

Cobertura grasa Macho: TOTAL Hembra: TOTAL

MEDIA MEDIA NULA NULA

M1 M2 M3 M4 M5

Visual

¿Problemas de inyección? FLECOS CERCANOS A KEY

¿Arañazos en eje macho? SI, HARCAS DISCONTINUAS ALINEADAS Y ARANOS DE LOS GITUINALES

¿Marca de abocardado (eje/horquilla)?/Flexión eje por abocardado OK?

¿Golpe en dentado macho? SI, GOLPE EN DENTADO ESTE HACHO ALINEADO CON GRIPADO (APARASTE DE HETAL EN 2000 MM)

¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? ENTRA BIEN, PERO CUESTA UN POCO SACARLO DEL UTIL (SE CLAVA)

Otros:

Diámetros (mm):

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

Mediciones

Ranurados (si óvalo)

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

Longitudes subconjuntos (mm):

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

Ángulos (º):

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		media (s/esp)
		A	B	C	M1	M2
0º		618	614	626	562	534
90º		603	598	603	563	540
Ovalos		15	16	23	1	6

Comparación

Hembra ☒ con otros machos (sin inyectar): OK

Macho ☒ con otras hembras (antes de quitar plástico): SE CLAVA (3/5)

Retirada plástico

Sin anillo B Con su hembra NOK

Sin anillo B + A YANO SE CLAVA PERO SI LOE ROZANDO IGUAL

Sin anillos - ROZA HEDOS (PERO CON ALGO DE DIFICULTAD)

Conclusión inyección: ¿Problema?

Posible SIN ANILLOS DE INYECCIÓN DESLIZAMIENTO DE ANILLO CON CIERA CARGA.

7.2



Orientación
alineado pin



Verificación
controles
hembras

C-0102G (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

Zona Pin

P

Zona central

P

Zona cierre
cuello

P

C-0292 (Util estriado) *

Entrada:

NP

Resto:

—

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

P

Designación controles

P

Pasa OK

PD

Pasa Duro

PMD

Pasa muy duro

NP

No Pasa

ANÁLISIS:

Junta 7 muy parecida a Junta 6. Diferencia en el eje macho, el eje macho de la junta 7 no presenta óvalo en su sección transversal.

- EJE HEMBRA: Causa excluida (comparación otros machos OK, editores OK), aunque diámetro interior en esta máquina influye en el efecto. Causa posible
- EJE MACHO: Desecho detectado en H4, tras limado deslizamiento OK.
- Inyección: Efectuada para diámetro interior hembra, pero caso desliza sin carga tras retirada plástica, la causa se clasifica como posible.

CONCLUSIÓN:

Eje macho con gripado H4 (vital), antecedido a eje hembra en esta máquina y a inyección de resina.

* Util estriado muy resbaladizo en esta máquina.

8.1



since 1929
THE BEST
ENGINEERING TEAM
AT YOUR SERVICE
CASTELLON AUTOMOTIVE



ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta: 8 Tipo: B2E (FORD 410) Fecha de recogida: 11/05/2015
PROBLEMA: DESARZAMIENTO A SALTOS

¿Pin insertado? ☒ SI ☐ NO
Macho: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA
Hembra: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA

¿Material en canales deslizamiento? (ARASTRE) SI, LEVE, LEVE TRAZA
¿Problemas de inyección? NO
¿Arañazos en eje macho? NO
¿Marca de abocardado (eje/horquilla)?/Flexión eje por abocardado ok? HORQUILLA VASO HEMBRA LEVE
¿Golpe en dentado macho? NO
¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? SI

Otros: OXIDO HORQUILLAS Y HACHO

Diámetros (mm):

		EJE MACHO 25, ---				
		Plástico	Media	Metal		
		A	B	C	M1	M2
0e		595	606	620	540	480
90e		583	587	586	518	492
Ovalos		22	19	34	22	17

		EJE HEMBRA 22, ---				
		Plástico	Media	Metal		
		A	B	C	M1	M2
0e		595	606	620	540	480
90e		583	587	586	518	492
Ovalos		22	19	34	22	17

		EJE HEMBRA 22, ---				
		Zona pin	¿Tendencias distintas?			
			475			
			470, 471, 473, 477, 478			

		SUB. MACHO				
		SUB. HEMBRA				
		Clavado				
		1) 182,095				
		2) 181,366				
		3) 182,1382				
		4) 181,579				

Longitudes subconjuntos (mm): *
Hembra 8 con otros machos (sin inyectar): OK (677) BIEN
Macho 8 con otras hembras (antes de quitar plástico): CON 475 OK | CON 477 NOK | CON 478 NOK

		Con su hembra				
		¿Deslizamiento OK?				
Sin anillo	<u>C</u>	NOK (CLAVADO)				
Sin anillo	<u>C+B</u>	NOK (AUNQUE ALGO HESITA)				
Sin anillos	<u>NOK</u>	OK (SIN ROCE NINGUNO)				

* Especificación: L (subconjunto macho B2E) = (180 ± 0,5) mm

Conclusión inyección: ¿Problema? NO. DESARZADO
DESARZAMIENTO NOK SIN ANILLOS INYECCIÓN

HECHOS DESEMPUENTES

8.2

Verificación
controles
hembras



Orientación
Alineado pin

C-01026 (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

C-0292 (Util estriado)

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

Zona Pin		Zona central		Zona cierre cuello	
NP		NP		P	
P y NP		P		P	

Entrada:	Resto:
PMD	PD (con salto)

P

(*)



(*) SALTO

Designación controles

P	Pasa OK
PD	Pasa Duro
PMD	Pasa muy duro
NP	No Pasa

ANÁLISIS:

- EJE MACRO : DESCARTADO.
El único hecho admisible al eje macho es la existencia de cierto material de arranque en anillo P4, le falta material y la junta sigue exactamente igual.
- SPYCEACIÓN : Aunque presenta un diámetro a 620 (excesivo), la junta sigue deslizando con problemas mas retirado plástico. Causa rasguño (magnificadora de campo).
- EJE HEMBRA
Se detectó un salto en el deslizamiento con el calibre estriado. Se cortó el eje hembra para tener acceso a la zona de salto con el útil de medición de diámetros internos.
Los valores encontrados fueron:

4165, 4166, 4167
4171, 4173, 4174
4182

No se encontró un diámetro lo suficientemente pequeño como para verificar hipótesis de estrechamiento, no obstante se volvió a encontrar una variabilidad grande en medidas. Lo que sugiere algún tipo de problema que no se ha podido identificar.

CONCLUSIÓN:

Posible inversión incorrecta (contracción diferencial en T3) + Defecto en desanillo eje hembra (estrechamiento) no identificado pero si resuelto.

9.1



CSA since 1929
THE BEST ENGINEERING TEAM
CASTELLÓN AUTOMOTIVE AT YOUR SERVICE

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562
Nº junta 9 Tipo B2E Fecha de recogida 11/05/2015
PROBLEMA JUNTA CLAVADA

Previo
¿Pin insertado? SI NO
Cobertura grasa Macho: TOTAL MEDIA Hembra: TOTAL MEDIA NULLA

Visual
¿Problemas de inyección? NO
¿Arañazos en eje macho? SI LONGITUDINAL, TRAQUETEADO
¿Marca de abocardado (eje/horquilla)?/Flexión eje por abocardado OK? LEVE H. VASO HEMBRA // LEVE ABECARDADO ESE HACHO
¿Golpe en dentado macho? SI
¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? SI
Otros: OXIDO HORQUILLAS // DETRÁS P2 GOLPE

Diámetros (mm):

	Plástico	Media	Metal	EJE MACHO 25, ---
A	611	606	624	575
0e	600	602	614	566
90e	41	4	10	9
Ovalos	11	4	10	12

Mediciones

Ranurados (si óvalo)	22.12	22.08	22.05	22.05	22.03	22.03
Longitudes subconjuntos (mm):	12.01	11.98	11.89	11.89	11.89	11.89

Ángulos (°):	Laminación mal ángulo clavado	(si)	MACHO	HEMBRA	Clavado	SUB. MACHO	SUB. HEMBRA

Comparación

Hembra <u>9</u> con otros machos (sin inyectar): <u>OK (4/5)</u>							
Macho <u>9</u> con otras hembras (antes de quitar plástico): <u>OK (con carga pero no se clava)</u>							
Retirada plástico	Sin anillo <u>B</u>	Con su hembra	¿Deslamiento OK?	Con otras hembras			
	Sin anillo <u>B+A</u>	OK (CARGA PERO NO CLAV)		IDEM			
	Sin anillos	OK		IDEM			

Conclusión inyección: ¿Problema?

SI

Deslizamiento Perfecto (sin interferencia alguna) sin anillos de inyección

HECHOS RELEVANTES

9.2

Verificación controles hembras

Orientación lineado pin

C-01026 (Calibre pasa/no pasa al diámetro externo)

C-0292 (Útil estriado)

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

Zona Pin

Zona central

Zona cierre cuello

Entrada:

Resto:

Designación controles

P	Pasa OK
PD	Pasa Duro
PMD	Pasa muy duro
NP	No Pasa

45.0mm

PD: Salto brusco entre marcas

ANÁLISIS:

- EJE MACHO : Sin ninguna anomalía destacable (diámetro fijo pero normales fluctuaciones)
- INYECCIÓN : CUSCA VITAL
 - Diámetro medio en 25'610_{mm} con puntos máximos en P3 (25'624_{mm}) y diámetro medio en anillo 3 a 25'619 mm. Inyección excesiva.
 - Sin inyección no existe interferencia: Descartados otros problemas.
- EJE HEMBRA
 - Salto entre marcas se corresponde con zona calibración puesto que dicho longitud (en la que el calibre pasa con dificultad) es muy parecida a la dimensión de la zona de calibración (45.0_{mm}). En la imagen adjunta se puede ver a que nos referimos con "Zona de calibración".



CONCLUSIÓN:

Inyección detectada.

10.1

MECHOS DELEVANTES

CSA since 1929
 THE BEST ENGINEERING TEAM
 CASTELLÓN AUTOMOTIVE AT YOUR SERVICE

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta: 10 Tipo: FOBO RHD-B2E Fecha de recogida: 03/05/2015

PROBLEMA: DESCLIZAMIENTO A SAITOS

Previo: ☒ SI ☐ NO

¿Pin insertado? ☒ SI ☐ NO

Cobertura grasa: Macho: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA
 Hembra: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA

¿Problemas de inyección? FLECCOS

¿Arañazos en eje macho? NO

¿Marca de abocardado (eje/horquilla)? LEVE HACHO/NO EN H VASO HEMBRA

¿Golpe en dentado macho? NO

¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? NO

Otros: BUENA SEGUNDA OK (7000 RS) EJE MACHO

Visual

Diámetros (mm):

		Plástico		Media	Metal		media (s/esp.)		media T	
		A	B	C	M1	M2	M3	M4	M5	
0º		584	588	603	575	546	531	565	566	
90º		583	604	600	559	537	540	567	563	
Ovalos		4	16	3	16	9	9	2	3	

Mediciones

Ranurados (si óvalo)

2201	2104	2198
2196	2198	2193
1494	2105	1497

Diámetros (mm)

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

Ángulos (°):

Laminación (si mal ángulo clavado)

MACHO

HEMBRA

Clavado

SUB. MACHO

SUB. HEMBRA

Comparación

Hembra 10 con otros machos (sin inyectar): AL FINAL CON 6 / SE CLAVA CON 8

Macho 10 con otras hembras (antes de quitar plástico): 453 NOK | 477 PASADA NS OK | 478 PASADA NS OK

Retirada plástico

		Con su hembra		¿Deslizamiento OK?		Con otras hembras	
Sin anillo	<u>B</u>	<u>NOK</u>				<u>SEGUNDA OK</u>	
Sin anillo	<u>B+C</u>	<u>NOK</u>				<u>MEJORES</u>	
Sin anillos		<u>LEVE SALTO AL FINAL</u>				<u>OK 477H SALTO ENTRE RANURAS// OK 478</u>	

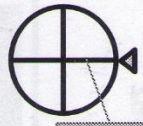
Conclusión inyección: ¿Problema?

NO

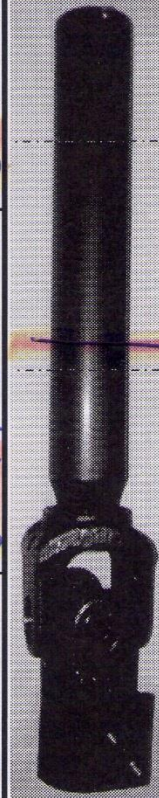
SIN ANILLOS DE INYECCIÓN
SALTO AL FINAL

10.2

Verificación
controles
hembras



Orientación
diseño pin



LEVE SALTO.

C-01026 (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

Zona Pin	Zona central	Zona cierre cuello
NP	P	P
PD	NP	NP

C-0292 (Útil estrado)

Entrada:	Resto:
NP	—

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

P

Designación controles			
P	PD	PMD	No Pasa
Pasa OK	Pasa Duro	Pasa muy duro	

ANÁLISIS:

- Inspección : Causa descrita (No diámetros deados y mas retirado plástico junto de la mall).
- EJE MACHO : Huella secundaria mal mecanizada. Interfiere en deslizamiento generando carga alta. Se ha observado días veces en piezas y no genera problema, pero debido a salto hembras se manifiesta defecto como vital.

• EJE HEMBRA

- Muy deformada en toda longitud. (se ha intentado calibrar sin conseguirlo)
- Salto a distancia 97'51mm del pin. Mediciones:
 1º anillo: 458, 460, 469, 473, 474, 482, 483 } 474
 Existen diámetros a 22'443, 22'444
 en 2º anillo 22'435 y 22'437 en 3º anillo
 Comprobada existencia estradamiento.
 2º anillo: 443, 444, 457, 460, 461 } 457
 466, 468, 473
 3º anillo: 435, 437, 450, 452, 457 } 461
 474, 480, 485
 Neotomas otros anillos
 467, 460, 463, 471, 476, 477, 479, 481, 485 : 468
 471, 474, 476, 477, 479, 481, 485 : 468

CONCLUSIÓN:

Eje macho con huella secundaria ok + Eje hembra con estradamiento (22'435 mm)

11.1

CSA since 1929 THE BEST ENGINEERING TEAM
CASTELLON AUTOMOTIVE AT YOUR SERVICE

ESTUDIO INCORRECTA CARGA DESLIZAMIENTO PARA PROYECTO B2E (6pack)/B562

Nº junta 11 Tipo B2E (F40 L40) Fecha de recogida 03/06/2015

PROBLEMA CLAUDA

Previo

¿Pin insertado? ☒ SI ☐ NO

Cobertura grasa Macho: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA
Hembra: ☒ TOTAL ☐ MEDIA ☐ NULA

M1 M2 M3 M4 M5

Visual

¿Problemas de inyección? AL QUITARLE PLASTICO NO SALE COMPLETO EL ANILLO (SE PARTE)

¿Arañazos en eje macho? NO

¿Marca de abocardado (eje/horquilla)? ¿Flexión eje por abocardado ok? NO

¿Golpe en dentado macho? NO

¿Pasa macho con facilidad en útil medir diámetros? NO

Otros: ALBERTA SECUNDARIA NOX (EJE MACHO)

Diámetros (mm):

Plástico		Metal	
A	B	M1	M2
561	553	594	547
562	578	580	540
90°	90°	19	19

Ranurados (si óvalo)

Plástico		Metal	
A	B	M1	M2
561	553	594	547
562	578	580	540
90°	90°	19	19

Longitudes subconjuntos (mm):

SUB. MACHO		SUB. HEMBRA	
22.13	22.12	22.04	22.11
22.09	22.10	22.11	22.11
21.99	22.02	21.96	21.96

Ángulos (°):

Laminación		Clavado	
(si)	(si)	SUB. MACHO	SUB. HEMBRA
0.613	0.613	1.5259	1.883

Comparación

Hembra 11 con otros machos (sin inyectar): CON 6 OK CON 8 SE QUA 1 CON 10 OK CON 9 OK

Macho 11 con otras hembras (antes de quitar plástico): CON HEMBRA 478/477 OK 11 CON 453 PEOR AVE SU HEMBRA

Retirada plástico

Con su hembra		Con otras hembras	
Sin anillo <u>P3</u>	<u>NDK (16 VAL)</u>	¿Deslizamiento OK?	
Sin anillo <u>P3+P2</u>	<u>IG VAL</u>		
Sin anillos <u>P3+P4+P4</u>	<u>NDK (36 VAL)</u>		

Conclusión inyección: ¿Problema? NO

TRAS RETIRADA PLASTICO LA JUNTA SIGUE CLAUDA

MECHOS DEBILITANTES

11.2

Verificación
controles
hembras



Orientación
alineado pin



C-01026 (Calibre pasa/no pasa
al diámetro externo)

C-0292 (Útil estriado)

C-0108E (Calibre pasa/no pasa al núcleo)

Zona Pin	Zona central	Zona cierre cuello
P NP	NP P	P

Entrada:	Resto:
PD	NP

P

Designación controles	
P	Pasa OK
PD	Pasa Duro
PMD	Pasa muy duro
NP	No Pasa

ANÁLISIS:

- EJE MACHO: Causa vital
 - Diámetros metálicos enormes 25'594 (H4) y 25'588 (H4)
 - Diámetro medio metal 25'564 fuera de especificación máxima | posible problema
 - Huella secundaria mal mecanizada.
- Inspección: Causa descartada
 - Diámetros plásticos muy bajos (fuera de especificación) pero por culpa de engorde de macho. Por esto también espesor de plástico de inserción fina y se parten al intentar extraerlos.

• EJE HEMBRA:

- La cota mínima del eje hembra hace mas visible el problema del eje macho, si estuviera mas grande quizás no hubiera notado problemas de durabilidad (rotura de plástico prematura) ni de carga de deslizamiento.

CONCLUSIÓN:

Eje macho con diámetros enormes. || Restos a 25'564
Puntos máximos a 25'594 (H4)
25'588 (H4)

Interferencia que genera carga por contacto metal (macho) - metal (hembra)

9. BIBLIOGRAFIA.

BLANCO ÁLVAREZ, Francisco. Moldeo Por Inyección (Lección 11). Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo: 2013.

EDUARDO PEREZ GAONA, OSCAR. Sistemas de manufactura TESOEM: 2009. Capítulo II: Tecnologías Blandas (2.12 Six Sigma), pp. 95.

H. Hirano Taylor & Francis. Poka Yoke: Mejorando La Calidad Del Producto Evitando Los Defectos. , 01/01/1991. ISBN 9788487022739.

HERRERO, Pablo. Las 5Ms Como Método Para Localizar Las Causas Raíces De Un Problema. 05/03/2011, 2011
Available from: <http://blog.sage.es/innovacion-tecnologia/las-5-m-como-metodo-para-localizar-la-causa-raiz-de-un-problema/>

MORALES, Alex. Control De La Calidad. Universidad de las Américas: , 2013.
Available from: https://www.academia.edu/8431060/CONTROL_DE_LA_CALIDAD

Renault Consulting. QC Story [QCSE]. Programa de formación en CSA Steering Systems Madrid sobre Lean Manufacturing, 2005.

Renault Consulting. Útiles Básicos De Calidad [OIQL]. Programa de formación en CSA Steering Systems Madrid sobre Lean Manufacturing, 14/02/2005, 2005.

RUBIO ALONSO, Higinio. Juntas Universales. Open Course Ware. Ingeniería Mecánica. Diseño Mecánico. Universidad Carlos III de Madrid: , 2014.
Available from: http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/disenio-mecanico-1/material_clase/ocw_juntas/at_download/file

SALAZAR LÓPEZ, Bryan. Capacidad De Procesos.
Available from: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/capacidad-de-proceso/>

V. N. Beliáev, D. N. Reshetov. Atlas de máquinas y mecanismos 6ª ed. , 2007. Hoja 75. Uniones Dentadas Con Perfil Triangular y Uniones Sin Chaveta. ISBN 9788432948022